MEMORIE

della Società Italiana
di Scienze Naturali
e del Museo Civico
di Storia Naturale di Milano

Volume XXIX - Fascicolo I

GIULIO CALEGARI

L'ARTE RUPESTRE DELL'ERITREA REPERTORIO RAGIONATO ED ESEGESI ICONOGRAFICA

MILANO 21 APRILE 1999

Elenco delle Memorie della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano

Volume I

I - CORNALIA E., 1865 - Descrizione di una nuova specie del genere *Felis: Felis jacobita* (Corn.). *9 pp., 1 tav.*
II - MAGNI-GRIFFI F., 1865 - Di una specie d'*Hippolais* nuova per l'Italia. *6 pp., 1 tav.*
III - GASTALDI B., 1865 - Sulla riescavazione dei bacini lacustri per opera degli antichi ghiacciai. *30 pp., 2 figg., 2 tavv.*
IV - SEGUENZA G., 1865 - Paleontologia malacologica dei terreni terziarii del distretto di Messina. *88 pp., 8 tavv.*
V - GIBELLI G., 1865 - Sugli organi riproduttori del genere *Verrucaria. 16 pp., 1 tav.*
VI - BEGGIATO F. S., 1865 - Antracoterio di Zovencedo e di Monteviale nel Vicentino. *10 pp., 1 tav.*
VII - COCCHI I.,1865 - Di alcuni resti umani e degli oggetti di umana industria dei tempi preistorici raccolti in Toscana. *32 pp., 4 tavv.*
VIII - TARGIONI-TOZZETTI A. 1866 - Come sia fatto l'organo che fa lume nella lucciola volante dell'Italia centrale *(Luciola italica)* e come le fibre muscolari in questo ed altri Insetti ed Artropodi. *28 pp., 2 tavv.*
IX - MAGGI L., 1865 - Intorno al genere Aeolosoma. *18 pp., 2 tavv.*
X - CORNALIA E., 1865 - Sopra i caratteri microscopici offerti dalle Cantaridi e da altri Coleotteri facili a confondersi con esse. *40 pp., 4 tavv.*

Volume II

I - ISSEL A., 1866 - Dei Molluschi raccolti nella provincia di Pisa. *38 pp.*
II - GENTILLI A., 1866 - Quelques considérations sur l'origine des bassins lacustres, àpropos des sondages du Lac de Come. *12 pp., 8 tavv.*
III - MOLON F., 1867 - Sulla flora terziaria delle Prealpi venete. *140 pp.*
IV - D'ACHIARDI A., 1866 - Corallarj fossili del terreno nummulitico delle Alpi venete. *54 pp., 5 tavv.*
V - COCCHI I., 1866 - Sulla geologia dell'alta Valle di Magra. *18 pp., 1 tav.*
VI - SEGUENZA G., 1866 - Sulle importanti relazioni paleontologiche di talune rocce cretacee della Calabria con alcuni terreni di Sicilia e dell'Africa settentrionale. *18 pp., 1 tav.*
VII - COCCHI I., 1866 - L'uomo fossile nell'Italia centrale. *82 pp., 21 figg., 4 tavv.*
VIII - GAROVAGLIO S., 1866 - *Manzonia cantiana, novum Lichenum Angiocarporum genus propositum atque descriptum. 8 pp. 1 tav.*
IX - SEGUENZA G., 1867 - Paleontologia malacologica dei terreni terziarii del distretto di Messina (Pteropodi ed Eteropodi). *22 pp., 1 tav.*
X - DÜRER B., 1867 - Osservazioni meteorologiche fatte alla Villa Carlotta sul lago di Como. ecc. *48 pp. 11 tavv.*

Volume III

I - EMERY C., 1873 - Studii anatomici sulla *Vipera Redii. 16 pp., 1 tav.*
II - GAROVAGLIO S., 1867 - *Thelopsis, Belonia, Weitenwebera et Limboria, quatuor Lichenum Angiocarporum genera recognita iconibusque illustrata. 12 pp., 2 tavv.*
III - TARGIONI-TOZZETTI A., 1867 - Studii sulle Cocciniglie. *88 pp., 7 tavv.*
IV - CLAPARÈDE E. R. e PANCERI P., 1867 - Nota sopra un Alciopide parassito della *Cydippe densa* Forsk. *8 pp. 1 tavv.*
V - GAROVAGLIO S., 1871 - *De Pertusariis Europae mediae commentatio. 40 pp., 4 tavv.*

Volume IV

I - D'ACHIARDI A., 1868 - Corallarj fossili del terreno nummulitico dell'Alpi venete. Parte II. 32 *pp. 8 tavv.*
II - GAROVAGLIO S., 1868 - *Octona Lichenum genera vel adhuc controversa, vel sedis prorsus incertae in systemate, novis descriptionibus iconibusque accuratissimis illustrata. 18 pp., 2 tavv.*
III - MARINONI C., 1868 - Le abitazioni lacustri e gli avanzi di umana industria in Lombardia. *66 pp., 5 figg., 7 tavv.*
IV - (Non pubblicato).
V - MARINONI C., 1871 - Nuovi avanzi preistorici in Lombardia. *28 pp., 3 figg., 2 tavv.*

NUOVA SERIE

Volume V

I - MARTORELLI G., 1895 - Monografia illustrata degli uccelli di rapina in Italia. *216 pp., 46 figg., 4 tavv.*

Volume VI

I - DE ALESSANDRI G., 1897 - La pietra da cantoni di Rosignano e di Vignale. Studi stratigrafici e paleontologici. *104 pp., 2 tavv., 1 carta.*
II - MARTORELLI G. 1898 - Le forme e le simmetrie delle macchie nel piumaggio. Memoria ornitologica. *112 pp., 63 figg., 1 tavv.*
III - PAVESI P., 1901- L'abbate Spallanzani a Pavia. *68 pp., 14 figg., 1 tav.*

Volume VII

I - DE ALESSANDRI G., 1910 - Studi sui pesci triasici della Lombardia. *164 pp., 9 tavv.*

Volume VIII

I - REPOSSI E., 1915 - La bassa Valle della Mera. Studi petrografici e geologici. Parte I. *pp. 1-46, 5 figg., 3 tavv.*
II - REPOSSI E., 1916 (1917) - La bassa Valle della Mera. Studi petrografici e geologici. Parte II. *pp. 47-186, 5 figg. 9 tavv.*
III - AIRAGHI C., 1917 - Sui molari d'elefante delle alluvioni lombarde, con osservazioni sulla filogenia e scomparsa di alcuni Proboscidati. *pp. 187-242, 4 figg., 3 tavv.*

Volume IX

I - BEZZI M. 1918 - Studi sulla ditterofauna nivale delle Alpi italiane. *pp. 1-164, 7 figg. 2 tavv.*
II - SERA G. L., 1920 - Sui rapporti della conformazione della base del cranio colle forme craniensi e colle strutture della faccia nelle razze umane. (Saggio di una nuova dottrina craniologica con particolare riguardo dei principali cranii fossili). *pp. 165-262, 7 figg., 2 tavv.*
III - DE BEAUX O. e FESTA E., 1927 - La ricomparsa del Cinghiale nell'Italia settentrionale-occidentale. *pp. 263-320, 13 figg., 7 tavv.*

Volume X

I - DESIO A., 1929 - Studi geologici sulla regione dell'Albenza (Prealpi Bergamasche). *pp. 1-156, 27 figg., 1 tav., 1 carta.*
II - SCORTECCI G., 1937 - Gli organi di senso della pelle degli Agamidi. *pp. 157-208, 39 figg. 2 tavv.*
III - SCORTECCI G., 1941- I recettori degli Agamidi. *pp. 209-326, 80 figg.*

Volume XI

I - GUIGILIA D., 1944 - Gli Sfecidi italiani del Museo di Milano *(Hymen.). pp. 1-44, 4 figg., 5 tavv.*
II-III - GIACOMINI V. e PIGNATTI S., 1955 - Flora e Vegetazione dell'Alta Valle del Braulio. Con speciale riferimento ai pascoli di altitudine. *pp. 45-238, 31 figg., 1 carta.*

Volume XII

I - VIALLI V., 1956 - Sul rinoceronte e l'elefante dei livelli superiori della serie lacustre di Leffe (Bergamo). *pp. 1-70, 4 figg. 6 tavv.*
I - VENZO S., 1957 - Rilevamento geologico dell'anfiteatro morenico del Garda. Parte I: Tratto occidentale Gardone-Desenzano. *pp. 71-140, 14 figg., 6 tavv., 1 carta.*
III - VIALLI V., 1959 - Ammoniti sinemuriane del Monte Albenza (Bergamo). *pp. 141-188, 2 figg., 5 tavv.*

Giulio Calegari

L'arte rupestre dell'Eritrea
Repertorio ragionato ed esegesi iconografica

Riassunto - Questa pubblicazione rappresenta il primo inventario ragionato dell'arte rupestre dell'Eritrea ed è la realizzazione dell'accordo intercorso tra il Centro Studi Archeologia Africana di Milano e il Dipartimento della Cultura del Ministero dell'Informazione e Cultura dell'Eritrea nell'agosto del 1994. Le località, conosciute o inedite, sono state qui documentate raccogliendo tutti i dati e le immagini attualmente disponibili.

Le opere d'arte rupestre in esse presenti sono state adeguatamente illustrate con documentazioni fotografiche «d'epoca», provenienti principalmente dall'archivio di Vincenzo Franchini, e con immagini realizzate nel corso delle missioni del Centro Studi Archeologia Africana. Anche se il materiale che costituisce questo repertorio è eterogeneo, la sua divulgazione ci permette di fare il punto della situazione su questo patrimonio dell'Eritrea.

Considerando complessivamente la documentazione disponibile, possiamo affermare che quanto conosciamo oggi dell'arte rupestre eritrea ci mostra soprattutto l'espressione di popoli allevatori di bovini. Le più antiche manifestazioni artistiche di questi allevatori eritrei sono rapportabili a quelle del mondo pastorale sahariano. In seguito si osservano immagini che rivelano tradizioni locali in seno a modelli figurativi di ampia diffusione e si intuiscono frequenti scambi e rapporti interattivi con il mondo culturale circostante, dell'Africa e della Penisola Araba.

Alcune tavole, nella parte introduttiva di questo lavoro, illustrano una prima ipotesi sul percorso dell'arte rupestre eritrea, evidenziando confronti figurativi tra varie località; nello stesso modo sono accostati e confrontati i principali temi identificati. Lo scopo è quello di fornire un primo spunto di riflessione e dibattito.

A questa prima parte introduttiva fa seguito il repertorio completo delle località, elencate secondo un ordine geografico - regionale, con scheda sintetica, documentazione iconografica e commento.

Résumé – L'art rupestre de l'Erythrée. Répertoire raisonné et exégèse iconographique.

Cette ouvrage répresente le premier inventaire raisonné de l'art rupestre de l'Erythrée et la realisation de l'accord entre le Centro Studi Archeologia Africana de Milan et le Département de la Culture du Ministère de l'Information et de la Culture de l'Erythrée, qui a été conclu pendant le mois d'août 1994. Les localités, connues ou inedites, ont été ici documentées recueillant toutes les données et les images qui sont, à présent, disponibles.

Les oeuvres d'art rupestre qui se trouvent dans ces localités ont été illustrées d'une manière adéquate avec photographies «de l'époque», provenantes de l'archive de Vincenzo Franchini et avec des images realisées au cours des missions du Centro Studi Archeologia Africana. Même si le matériel qui forme ce répertoire est hétérogène, sa diffusion et son rapprochement permettent de faire le point sur la situation du patrimoine de l'Erythrée.

En considerant dans l'ensemble la documentation disponible on peut affirmer que ce qu'on connait aujourd'hui sur l'art rupestre de l'Erythrée est surtout l'expression de peuples qui étaient éleveurs de bovins. Les manifestations artistiques les plus anciennes de ces éleveurs érythréens peuvent être comparées avec celles du monde pastoral saharien. On observe par la suite des images qui revèlent traditions locales au sein de modèles figuratifs qui ont une grande diffusion et on a l'intuition d'échanges fréquents et de relations d'interaction avec le monde culturel environnant de l'Afrique et de la Péninsule Arabique.

Certaines planches, dans l'introduction à l'ouvrage, montrent une première hypothèse sur le parcours de l'art rupestre de l'Erythrée et mettent en évidence des comparaisons figuratives entre localités différentes; les principaux thèmes identifiés ont été approchés et comparés de la même façon. Le but est celui de fournir une première occasion de réflexion et de débat.

À suivre, le répertoire complet des localités, fourni selon un ordre géographique-régional, avec une fiche synthétique, la documentation iconographique et un commentaire.

Abstract – The rock art of Erithrea. Reasoned repertoire and iconographic exegesis.

This publication represents the first reasoned inventory of the rock art of Erithrea and is the result of the August 1994 agreement between the Centro Studi Archeologia Africana of Milan and the Department of Information and Culture of Erithrea. All sites here considered, both known and previously inedited, are documented with all currently available information and photographic material.

The works of rock art present in these sites are adequately illustrated with period photographic documentation principally from the archives of Vincenzo Franchini, in addition to other material resulting from the field-works of the Centro Studi Archeologia Africana. Even though the material that consitutes this repertoire is heterogeneous in nature, its divulgation as a whole allows us to take stock of the situation with regards to this heritage of Erithrea.

Considering the available documentation in its entirety, we can safely say that the Erithrean rock art known today is the artistic expression of a people whose main concern consisted in cattle-raising. The most ancient manifestations of this art are comparable to those of the cattle-herder world of the Sahara. In a later moment the images reveal local traditions that exist within widespread figurative models and evidence of frequent exchanges and interactive connections with the sorrounding cultures of Africa and of the Arabian Peninsula.

A first hypothesis on the development of Erithrean rock art is illustrated by the first tables of this publication, which focus on figurative comparisons between various sites; similarly the main themes identified are compared. The aim is furnishing a first stimulus for thought and debate.

This first introductory part is followed by a complete repertoire of the sites, listed in geographical - regional order, with a summary chart, iconographic documentation and comments.

ኣስተዋጽኦ - ናይ ኤርትራ ቅርጻ-እምኒ

ስነ-ምርመራ ማዕከንን ናይ ስነ-ምስሊ ትንተናን

እዚ ጽሑፍ'ዚ ቀዳማይ ስነ-ምርምራ ዝርዝር ናይ ኤርትራ ቅርጻ-እምኒ ዘቕርብ ኮይኑ፡ ቡቲ ኣብ መንጎ ናይ ኣፍሪቃ ስነ ጥንቲ መንበረ-መጽናዕትን፡ ናይ ኤርትራ ሚኒስትሪ ክፍሊ ባህልን ዜናን፡ ብወርሒ ነሓሰ 1994 ዝተገብረ ስምምዕ መሰረት፡ ስእልታት ብምሉኡ ኣብዚ ቀሪቡ ኣሎ።

ናይ'ዞም ቅርጻ-እምኒ ስርሓት ብግቡእ “ ብናይቲ ዘመን ” ስእልታት ቀሪቦም ኣለዉ። መብዝሕትኦም ካብ መዝገብ ሲኞር ቪንቸንሶ ፍራንኪኒ ዝተረኽቡ ክኾኑ ከለዉ፡ ዝተረፉ ብናይ ኣፍሪቃ ስነ ጥንቲ መንበረ-መጽናዕቲ ዝተሳእሉ ኢዮም። ሸሕኳ ናይዚ ጽሑፍ ማዕከን፡ ዝተፈላለየ እንተኾኑ፡ ብዛዕባኦም ብቐረባ ምፍላጥን ምዝርጋሕን ናይ ኤርትራ ኩነታት ሃብቲ-ቅርጺ፡ ንምምዛን የኽእለና ኢዩ።

ናይ'ዞም ተረኺቦም ዘለዉ ጽሑፋት ሓፈሻዊ ግምት ብምውሳድ፡በዚ ክሳብ ሕጂ በጺሕናዮ ዘሎና ናይ ኤርትራ ቅርጻ-እምኒ ፍልጠት፡ እቲ ሕዝቢ ብፍላይ ኣራባሓይ-ከብቲ ከምዝነበረ ዝገልጽ ኢዩ ክንብል ንኽእል። እቶም ናይ ኤርትራውያን ኣራባሕቲ-ከብቲ ናይ ጥንቲ ቅርጺ-ስእልታት ምስቶም ናይ ሰሃራ ኀሶት ተማሳሰልቲ ኢዮም። ቀጺሉ ኣብቲ ቦታ፡ ልምድታት፡ ብመልክዕ ስእሊ ተዘርጊሖም ይርከቡ። በዚ ከዓ (ኤርትራ) ምስ ህዝብታት ኣፍሪቃን፡ ተቐማጦ ናይ ሓውሲ ደሴት ዓረብን፡ ርክብን ምልውዋጥ ባህልን ከምዝነበራ ክንግምት ንኽእል።

ኣብ መእተዊ ናይዚ መጽሓፍ'ዚ ዘለዉ ገለ ሰለዳታት፡ ስእልታት ናይ ዝተፈላለዩ ቦታታት ብምንጽጻር፡ ብዛዕባ ናይ ኤርትራ ቅርጻ-እምኒ ኣመዓባብላ ቀዳማይ ምንጪ ሓሳብ የርእዩ። ብተመሳሳሊ መንገዲ ከዓ ናይቶም ዝተፈልጡ ዓበይቲ ኣርእስታት ምንጽጻርን ምቅርራብን ተገይሩ። ዕላማኡ፡ ናይ ምርመራን ትንተናን ፈለማዊ መድርኽ ንምፍጣር ኢዩ።

ድሕሪ'ዚ ቀዳማይ መተእታተዊ ክፍሊ፡ሙሉእ ዝኾነ ናይ ቦታታት ማዕከን ብመሰረት ቅርጺ ምድርን ኣህጉራውን ኣቀማምጣ ዝተሰርዐ፡ ምስ ሓጺር ታሪኽ፡ ናይ ስነ-ስእልታት ጽሑፍን ርእይቶን ይቐርብ።

Key-words: Arte rupestre, Eritrea, incisioni rupestri, pitture rupestri, Corno d'Africa.

INTRODUZIONE

La ragione di questa pubblicazione è quella di raccogliere in un inventario, il più completo possibile, tutte le località interessate da manifestazioni di arte rupestre oggi conosciute in Eritrea, illustrando il repertorio delle espressioni figurative presenti. A tale scopo sono state svolte accurate ricerche bibliografiche e documentarie che hanno permesso di riunire tutte le notizie sui siti già pubblicati o conosciuti e di reperire, da fonti inedite, nuove segnalazioni o località. Contemporaneamente sono state realizzate sul territorio, dal 1993 al 1996, diverse missioni di prospezione e documentazione a cura del Centro Studi Archeologia Africana in collaborazione con la Sezione di Paletnologia del Museo di Storia Naturale di Milano e con il National Museum of Eritrea. In queste occasioni sono state rivisitate molte importanti località, opportunamente scelte nell'ambito della documentazione in nostro possesso e sono stati identificati nuovi siti d'arte rupestre o di importanza archeologica ([1]).

Va detto che le stazioni d'arte rupestre non sempre sono chiamate con nomi specifici dai locali, che sovente indicano genericamente come «grotta dipinta» (Ba'attì Sullùm) la cavità o il riparo che ospita le figure. In questi casi i siti sono qui citati con i nomi (ormai entrati nella letteratura specialistica) indicati dagli scopritori, che si sono riferiti alla località o toponimo più vicino secondo le segnalazioni degli abi-

---

([1]) All'Autore hanno dato collaborazione scientifica Paola Farina e Ines Romeo.

tanti del luogo. Inoltre, a causa delle lunghe vicende belliche, oggi non sempre è agevole rintracciare le stazioni d'arte rupestre di cui, a volte, oltre che il nome si è persa memoria presso gli stessi eritrei. Per quanto concerne l'ubicazione dei siti mi sono qui limitato a rimandare alla cartografia dell'Istituto Geografico Militare Italiano, utilizzata anche da Vincenzo Franchini nelle sue segnalazioni e, in attesa di nuove indicazioni del Governo Eritreo, ho mantenuto i limiti ed i nomi dei distretti e delle regioni in uso da prima dell'indipendenza.

Nel presente lavoro sono stati raccolti tutti i dati disponibili, ricavandoli dalla letteratura specifica (sia pubblicazioni approfondite che semplici segnalazioni), da comunicazioni personali di studiosi o dall'osservazione diretta e dallo studio in loco. Anche la documentazione iconografica è costituita da immagini eterogenee: rilievi grafici e fotografici preliminari, appunti o ricalchi, riprese fotografiche più accurate, elaborazioni con mezzi informatici. Di alcune località si hanno solo disegni da pubblicazioni o da appunti «d'epoca», di altre abbiamo foto in bianco e nero di differenti periodi e qualità o disegni tratti da esse, per altre disponiamo invece di buone riprese fotografiche a colori.

Il materiale oggetto di questa pubblicazione proviene fondamentalmente dall'archivio di Vincenzo Franchini, messo gentilmente a nostra disposizione dallo stesso ricercatore e, dopo la sua morte, dal figlio Carlo. Altra parte cospicua della documentazione è stata raccolta in questi ultimi anni nel corso delle missioni del Centro Studi Archeologia Africana.

L'estrema diversità del materiale documentario disponibile non mi ha inibito nel redigere questo repertorio; l'intento è quello di «fare il punto» della situazione su di un patrimonio troppo poco conosciuto o conosciuto «a frammenti», ma del quale non ci sfugge l'importanza per la comprensione di molte manifestazioni d'arte e cultura estese anche a più vasti territori di cui, per sua natura geografica, l'Eritrea si pone come cerniera.

Lo sforzo che si richiede a chi consulterà queste pagine è dunque quello di superare i salti e le differenze tra le varie descrizioni delle località, con la consapevolezza che molte sono solo prime indicazioni, in attesa di nuove, più approfondite ricerche. Del resto un lavoro che riunisse le attuali conoscenze, pur con le sue lacune, andava fatto con una certa urgenza: ritrovare e ridocumentare in modo soddisfacente tutte le stazioni di arte rupestre eritree è impegno che richiederà un certo tempo ed un lungo percorso, di cui questo repertorio rappresenta una prima tappa.

Se, come siamo certi, altre future importanti scoperte getteranno nuova luce e amplieranno il prezioso patrimonio storico-culturale dell'Eritrea, è pur anche vero che alcune delle vecchie immagini qui illustrate, potrebbero essere l'unico documento pervenutoci di opere ormai perse.

Questa Memoria può essere utilizzata con differenti modalità di fruizione: essa si compone di una breve parte introduttiva, di un cenno di storia delle ricerche, di una premessa e di una dissertazione, con l'aiuto di tavole sinottiche ([2]), sulle manifestazioni d'arte rupestre eritree e sul percorso cronologico-culturale e iconografico delle principali figure e temi rappresentati, con confronti limitrofi. Segue il repertorio completo delle località, elencate secondo un ordine geografico-regionale e singolarmente presentate con una scheda sintetica ([3]), una documentazione iconografica e una descrizione ragionata critico-comparativa. Una esauriente bibliografia chiude questa Memoria.

RINGRAZIAMENTI

Vorrei ricordare, e sono molte, tutte le persone che hanno collaborato, in diversi modi, alla realizzazione di questa pubblicazione e ringraziarle tutte.

In primo luogo Vincenzo Franchini, che ha sempre stimolato il mio lavoro comunicandomi la sua passione per l'indagine sul terreno e fornendomi numerose e preziosissime indicazioni. Egli mi ha inoltre permesso di consultare e utilizzare tutta la documentazione da lui raccolta nel corso della sua lunga esperienza di ricerca. Vorrei avere il suo parere e le sue critiche, ma devo accontentarmi di dedicargli questo mio contributo. Ringrazierò Carlo Franchini che mi ha ulteriormente messo a disposizione la documentazione del padre, dopo la sua scomparsa, riordinandone con cura e rendendo di facile consultazione la parte iconografica.

A questo lavoro ha contribuito in maniera fondamentale Ines Romeo, che ha raccolto e ordinato il materiale bibliografico, confrontando ogni località con le indicazioni disponibili, rapportandole correttamente sul territorio. A lei si devono anche la ricerca storica e la verifica della cronologia delle scoperte, oltre alla dinamica partecipazione alle spedizioni.

Paola Farina ha seguito passo passo la stesura del lavoro, aiutandomi nella compilazione delle schede, verificando e organizzando sistematicamente tutti i dati e le immagini. Mi ha inoltre affiancato con competenza nella scelta della documentazione iconografica e nell'interpretazione cronologico – culturale delle opere d'arte rupestre, ponendosi come valida interlocutrice alle mie riflessioni.

Francesca Villa ha realizzato la composizione grafica delle tavole di comparazione tematico – figurativa, visualizzando così le mie interpretazioni. Lorenzo de Cola ha curato la pulizia elettronica di alcune immagini.

Al prof. Lanfranco Ricci un vivo ringraziamento per la disponibilità dimostrata ogni qualvolta gli abbiamo chiesto un consiglio.

Ringrazierò poi Tajedim Nuredaim Yusuf, già Di-

([2]) * indica la rielaborazione grafica di un'immagine ripresa da una pubblicazione.
([3]) Nelle schede sono state omesse le voci per le quali non si possiedono dati.

rettore del National Museum of Eritrea, che per primo ha favorito le nostre ricerche e collaborazioni scientifiche in Eritrea e Zemedè Teclè che, in rappresentanza delle autorità eritree, ha accolto e permesso le nostre missioni. Un grazie anche a tutti i colleghi che hanno partecipato con competenza alle missioni sul terreno: Cristina Ansaloni che mi ha aiutato per i rilievi grafici e la documentazione sul posto, Berhane Tesfamariam, Rezenè Russom, Yacob Misgina, Yoseph Libsekal, Carmela Gatto per le osservazioni archeologiche.

Voglio per ultima ringraziare Lidia Cicerale, per dedicarle il pensiero più affettuoso; il suo contributo a questo lavoro è stato quello di propugnare e rendere possibile le nostre ricerche in Eritrea, partecipando attivamente alle missioni e aiutandomi nella documentazione fotografica. Chi la conosce sa però che questa è ben poca cosa rispetto a tutto quello che ha saputo fare in questi ultimi dieci anni come Presidente del Centro Studi Archeologia Africana.

CENNO SULLA STORIA DELLE SCOPERTE DELLE PRINCIPALI STAZIONI D'ARTE RUPESTRE DELL'ERITREA

L'arte rupestre dell'Eritrea è conosciuta grazie alle appassionate ricerche di Vincenzo Franchini. A lui spetta il merito di aver trovato e segnalato la maggior parte delle località d'arte rupestre oggi conosciute in Eritrea, facendole spesso oggetto di pubblicazione. So dunque di poter affermare, senza tema di smentita, che l'Eritrea deve a Vincenzo Franchini la conoscenza di una parte importante del suo patrimonio culturale e del suo passato.

Qui di seguito viene riassunta la cronologia delle scoperte delle località eritree di arte rupestre e delle relative segnalazioni sino ai nostri giorni.

1841: A. D'Abbadie visita l'altopiano del Cohaito e ne descrive le rovine e alcuni ripari dipinti o graffiti in una lettera a M. Jomard (D'Abbadie, 1842).

1859: S. Russel e G. Sapeto, quali membri della Missione francese inviata a Negussiè, attraversano il Cohaito, osservando varie incisioni e pitture (Russel, 1884; Sapeto, 1871).

1889: Junker vede e descrive le incisioni di Cullitè nella bassa valle del Bárca (Junker, 1889).

1894: M. Schoeller ripete le indicazioni e le descrizioni dei suoi predecessori riguardo alle incisioni e pitture del Cohaito (Schoeller, 1895).

1900: C. Conti Rossini pubblica precise descrizioni di grotte del Cohaito visitate negli anni precedenti in compagnia di F. Marazzani Visconti Terzi (Conti Rossini, 1900).

1902: L. Talamonti ritrova i graffiti di Cullitè già segnalati dallo Junker nel 1889 e ne scopre altri a Dinaè sempre nella bassa valle del fiume Bárca e li segnala a C. Conti Rossini che ne pubblica la descrizione (Conti Rossini, 1903).

1905/1906: G. Dainelli e O. Marinelli rivisitano le grotte del Cohaito e ne danno un'ulteriore descrizione (Dainelli & Marinelli, 1908, 1912).

1902-1907: F. Marazzani Visconti Terzi visita le Rore. La descrizione dei rupestri viene pubblicata da C. Conti Rossini (Conti Rossini, 1922).

1907: A. Piva segnala nell'Haggar Abbai e nell'Haggar Nisc' incisioni rupestri (Piva, 1907).

1907: R. Paribeni visita Daarò Caulòs, grotta in seguito vista e descritta da C. Conti Rossini, R. Fattovich e G. Tringali (Conti Rossini, 1928; Fattovich, 1983; Tringali, 1990).

1914/1915: L. Frobenius durante la settima spedizione tedesca di esplorazione dell'Africa trova e descrive 36 siti di incisioni rupestri nell'Hamasién. I siti saranno poi pubblicati da P. Červíček (Červíček, 1976b).

1938: L. Cipriani scopre le pitture rupestri di Carora, poi studiate e pubblicate da A. Vigliardi (Vigliardi Micheli, 1956).

1940-1980: V. Franchini scopre e descrive la maggior parte dei rupestri dell'Acchelè Guzai e del Seraè, tra cui i più importanti sono quelli di Zebàn Abùr, Zebàn Kebesà, Sullùm Ba'attì, Ba'attì Sullùm, Addì Qansà, Mesbàr Gueibì, Temalihè, Sarò (Franchini, 1941, 1951, 1952, 1953, 1954, 1958, 1960a, 1960b, 1961, 1964a, 1964b, 1969, 1980). Nel 1961 e 1965 accompagna P. Graziosi a visitare alcune importanti località di rupestri, che saranno poi oggetto di sue pubblicazioni (Graziosi, 1964a, 1964b, 1964c, 1965).

1953: A. Gaudio trova su segnalazione di locali tre massi incisi vicino al villaggio di Quantebba nell'Hamasién e li pubblica nello stesso anno (Gaudio, 1953).

1993-1996: in questi anni si svolgono le missioni del Centro Studi Archeologia Africana di Milano con l'accordo del Museo e del Ministero dell'Informazione e Cultura dell'Eritrea. Vengono rivisitate numerose grotte del Seraè e dell'Acchelè Guzai e viene scoperto il riparo di Ba'attì Mariam nell'Hamasién. Viene inoltre documentata la presenza del Paleolitico Inferiore sull'altopiano del Cohaito (Calegari, 1994a, 1994b, 1995, 1996, 1998a; Calegari, Tajedim Nuredaim & Berhane Tesfamariam, 1993).

PREMESSA

Da un punto di vista scientifico l'arte rupestre ci permette di scorgere i vari ambienti nei quali hanno vissuto popolazioni con differenti stili di vita e di cogliere il loro rapporto con i diversi habitat, riconoscendo le preoccupazioni spirituali o il linguaggio estetico del sedentario e del nomade, del cacciatore e del pastore, del guerriero e dell'agricoltore, del raccoglitore e dell'esploratore di mondi visibili e invisibili.

Nell'accostarsi all'arte rupestre e nel tentativo di afferrare il percorso nel tempo e nello spazio, definendone «stili» e periodizzazioni, si finisce immanca-

bilmente per enucleare «fasi» o espressioni culturali omogenee che caratterizzano un'area o un momento. Di queste espressioni lo studioso cerca, per istinto o per vocazione della disciplina, di fissare il nucleo ed il contorno leggendovi nelle «sfrangiature» il rapporto con il prima, il dopo, il vicino ed il lontano. Questo approccio, senz'altro indispensabile per una ricostruzione e comprensione storica del fenomeno, oggi non dovrebbe bastare più a chi si accosta ad un'arte così antica.

L'arte rupestre non è solo uno straordinario specchio per leggere il passato; essa conserva in sé il mondo ideologico, intellettuale ed estetico delle popolazioni in seno alle quali è stata prodotta, esprimendo, a dispetto del tempo, il pensiero creativo e immaginativo degli artisti che l'hanno realizzata.

Documento storico dunque, comparativo e illustrativo, mezzo per cogliere i processi espressivo - comunicativi, ma in sé anche serbatoio di metafore, memoria e poesia, immagine riflettente nella quale ritrovarsi per riconoscere i propri segreti interiori.

Generalmente, per quel che è luogo comune di intendere, l'arte rupestre (come sovente ancora l'arte «etnica») è considerata un prodotto omogeneo: espressione uniforme e collettiva di una cultura o di un popolo col quale viene identificata, quasi prodotto spontaneo cui non occorrano personalità artistiche per germinare. Tutto ciò che è lontano da noi viene così ammantato di anonimato, per essere classificato nel modo più asettico come un minerale o una pianta.

Se nell'arte tradizionale africana, nonostante le teorie che spingevano a leggere le opere come prodotti di creazioni «tribali» uniformi, si è saputo riconoscere la presenza di grandi maestri, dando voce al valore innovativo ed alle creatività di vere personalità artistiche (Bassani, 1981; Bassani, Zanobini & Zanobini, 1990), una simile ipotesi non sembra neppur concepibile per l'arte rupestre.

In realtà i motivi sono molti e le ragioni indubbie: la scarsa probabilità che un numero cospicuo di opere di uno stesso autore siano giunte sino a noi da un tempo così lontano, la difficoltà di definire esattamente in tempi così lunghi la contemporaneità delle varie figure o di riconoscere, in seno a quelli che a noi paiono «stili uniformi», una «mano» o una «maniera» che si differenzi nettamente.

Se queste difficoltà esistono realmente, esse non sono però il vero motivo che impedisce di riconoscere i «maestri» del lontano passato. Anche se può sembrare incredibile, la maggior parte degli «addetti ai lavori» continua a percepire l'arte rupestre come differenziata localmente o cronologicamente, in quanto espressione omogenea di una società, cogliendola però come indifferenziata in seno alla cultura stessa che l'ha prodotta.

Questo non voler accettare la presenza di personalità artistiche nell'arte rupestre deriva forse dall'esigenza di cogliere larghe fasce composte da elementi omogenei e coerenti da interpretare come sequenze di periodizzazioni. Sovente si dà per scontato che le società preistoriche tendessero a manifestare valori così uniformi e comuni da escludere automaticamente espressioni personali. In realtà noi sappiamo che anche le società che esercitano un severo controllo sulla propria espressione culturale con rigide regole o canoni stilistici, hanno prodotto opere innovative, legate a forti personalità artistiche capaci di rompere l'eventuale staticità stilistica, esprimendo le istanze e le preoccupazioni del proprio tempo.

È come se rifiutassimo di riconoscere la personalità degli architetti greci che hanno progettato i templi dorici che, ad un occhio inesperto e superficiale, possono apparire tutti uguali. Del resto, anche in seno alla pittura di icone bizantine, che ha saputo perpetuarsi lungamente con rigide regole che tendevano a inibire ogni modifica del modello originale, sappiamo riconoscere ed apprezzare le diversità e le qualità di differenti «maestri».

Va da sé che dietro anche alla più rigida struttura di obblighi o norme tracciate a regolare o conservare un sistema uniforme di istanze figurative, ci saranno, come minimo, differenze nella qualità esecutiva, legate semplicemente alla perizia.

Il problema è comunque molto vasto: si riconoscono, nel lungo percorso dell'arte rupestre, momenti durante i quali tale era l'importanza dell'espressione figurativa in seno alla collettività, da richiedere la presenza di veri professionisti, mentre in luoghi o momenti diversi le opere rivelano chiaramente minor impegno esecutivo, sino ad apparire in certi casi come espressioni semplici alla portata di tutti, a volte puro «graffitismo» che ci ha lasciato scritte, marchi o segni tribali.

Con queste mie osservazioni non voglio comunque sostenere che lo studio dell'arte rupestre si debba orientare principalmente nella ricerca delle personalità artistiche, mi piacerebbe però che, dove l'intuizione o i documenti ce lo permettono, uno sforzo in questo senso venisse fatto, accostandoci così allo straordinario messaggio figurativo dell'arte rupestre con la consapevolezza che dietro di esso vi è sovente lo sforzo creativo di veri «maestri».

In questo repertorio dell'arte rupestre dell'Eritrea, nella parte dedicata alle osservazioni più generali, sono state accostate e confrontate figure che presentavano somiglianze di carattere formale grafico - pittorico, con lo scopo di riconoscere percorsi iconografici, intrecci o prestiti e tracciare una prima distribuzione di massima sul territorio. Non si è con questo voluto riconoscere o suggerire in somiglianze anche distanti lo stile personale di qualche autore. La documentazione sull'arte rupestre eritrea è ancora troppo incompleta per permetterci affermazioni che rischierebbero di sfociare in fantasia, anche se in certi casi, come a Sullùm Ba'attì, è innegabile che siamo di fronte ad una vera scuola che interpreta localmente le istanze figurative di una regione più vasta, per una durata che non conosciamo, ma con episodi ed esempi identificabili anche in altre vicine località.

ORDINAMENTO CRONOLOGICO - CULTURALE DELL'ARTE RUPESTRE ERITREA

Collocare cronologicamente le opere d'arte rupestre dell'Eritrea è, per il momento, compito arduo e di difficile soluzione. Un problema che, in mancanza di qualsiasi datazione assoluta, resta affidato all'osservazione accurata e al confronto - accostamento con altre manifestazioni per le quali si sia già più o meno consolidato uno schema cronologico - culturale.

I dati che potremmo desumere dalla documentazione archeologica, soprattutto per quanto concerne la preistoria e protostoria, sono decisamente frammentari ed i pochissimi «punti fissi» di cronologia assoluta restano conoscenze sparse, insufficienti per stabilire una serie cronologica che in qualche modo sia correlabile alle manifestazioni d'arte rupestre.

Con questo non voglio affermare che è impossibile affrontare e risolvere il problema; voglio però sostenere che, in questa fase della ricerca, è più utile riconoscere l'importanza della preliminarietà dei dati e delle interpretazioni, dando spazio più al suggerimento che all'affermazione, costruendo ipotesi aperte e plasmabili piuttosto che rigide tassonomie o periodizzazioni.

Cronologia relativa e «fasi»

L'arte rupestre dell'Eritrea come quella etiopica, a cui farò sovente riferimento per trattare nell'insieme i rupestri del Corno d'Africa, è, per quanto se ne conosca oggi, quasi esclusivamente espressione di popoli allevatori di bovini, che hanno fatto dell'animale domestico il principale soggetto delle loro figurazioni. Anche se non mancano descrizioni della fauna selvaggia, dal *corpus* dei rupestri eritrei è decisamente assente qualsiasi esempio accostabile a quelle manifestazioni d'arte comunemente definite «dei popoli cacciatori».

La mancanza, dunque, di figure legate al mondo culturale dei popoli cacciatori arcaici e, per contro, la prevalente presenza di rappresentazioni di bovini domestici, sembrano connettere la comparsa delle prime opere d'arte alle più antiche manifestazioni di produzione di cibo, in particolar modo a quelle della domesticazione e dell'allevamento. A tal proposito, purtroppo, disponiamo di pochissimi documenti archeologici diretti: a Laga Oda nell'Harar abbiamo tracce di occupazione a partire da 13.640 a.C. e nei pressi del Lago Besaka (valle dell'Awash) alcune industrie risalgono al IX millennio a.C.; però, per quanto riguarda l'allevamento, queste due località hanno fornito resti di probabili bovini domestici databili soltanto alla seconda metà del II millennio a.C. (Clark, 1962, 1970, 1972, 1976a, 1980; Clark & Prince, 1978; Clark & Williams, 1978; Brandt, 1980, 1984; Fattovich, 1992).

Se queste datazioni ci mostrano un momento durante il quale nel Corno d'Africa è presente l'allevamento di animali domestici, la scarsità dei documenti non ci rivela però nulla dell'inizio di questa pratica e, ancor meno, dell'esatto periodo nel quale collocare le opere d'arte rupestre.

Mi atterrò dunque, per una schematica periodizzazione, ad una sequenza dedotta dall'osservazione degli aspetti figurativi, tenendo conto principalmente delle riflessioni di J.D. Clark, P. Červíček, R. Fattovich e R. Joussaume. Escluderò da questa mia descrizione delle «fasi» artistiche ogni riferimento cronologico che, puramente intuitivo, rischierebbe di rafforzare gli eventuali errori commessi nell'immaginare la sequenza iconografica. Del resto è più utile cercare di intuire la complessità del fenomeno nella sua dinamica e problematica generale, piuttosto che fissarlo in «classificazioni», che al più possono servire come assunti convenzionali per dialogare.

L'arte rupestre è comunicazione visiva che si alimenta di lunghe tradizioni e di apporti lontani, ribadisce il rapporto tra l'uomo e l'ambiente, ma è anche pratica di territorializzazione, può essere importata e imposta o essere solo un riflesso e giungere come nuovo stimolo, per poi ritornare in un continuo rapporto interattivo.

La sequenza che propongo (come i colori principali di un arcobaleno, dei quali è però difficile cogliere i passaggi dall'uno all'altro) va dunque letta come percorso figurativo (Fig. 1) del quale abbiamo solo intuito e fermato alcuni momenti significativi. Percorso che si dilata e intreccia a tessere una storia la cui trama e ordito sono il tempo e lo spazio, dimensioni che non sempre si coniugano con la facilità che vorremmo.

I) - Raffigurazioni di bovini domestici rapportabili, per modalità stilistiche ed espressive, all'ambiente sahariano da cui derivano. Le figure sono verosimili, anche se schematizzate: le zampe sono descritte una per una, il mantello dell'animale si presenta pezzato, sono curati i particolari e sovente enfatizzate le corna (Fig. 1 a, b). Le figure umane non sono numerose e, a Carora, si presentano schematiche ma verosimili.

Temi identificati: la mandria; la mucca con il vitello.

II) - Rappresentazioni di bovini domestici schematizzati su un disegno di base, già presente nella fase immediatamente precedente se non coeva, che mette in evidenza la curva del ventre. Questo processo di schematizzazione è comune a tutto l'ambiente sahariano e al Corno d'Africa e coinvolge la Penisola Araba. Lunga durata nel tempo: da momenti più antichi (es. Sullùm Ba'attì, anche con fauna selvaggia) a tempi recenti, dove queste raffigurazioni si incrociano con innovazioni culturali e «stilistiche» (Fig. 1 c, d). Dal Corno d'Africa si intuisce un percorso «a ritroso» verso Sudan e Nubia. La figura umana si presenta fortemente stilizzata; non sono raffigurate armi (Fig. 1 d).

Temi identificati: la mandria; la mucca con il vitello; il gruppo degli uomini allineati.

III) - Pur unite da un'«aria di famiglia», le rappresentazioni si differenziano in seguito per stili, legati a diverse aree geografiche o ambienti sociali, seguendo particolari processi compendiari della figura o di una parte di essa: bovini con il corpo «a bipenne», con il corpo rettangolare e due soli tratti per le zampe, o esasperazione delle corna (Fig. 1 e, f).

In questo momento compaiono raffigurazioni di

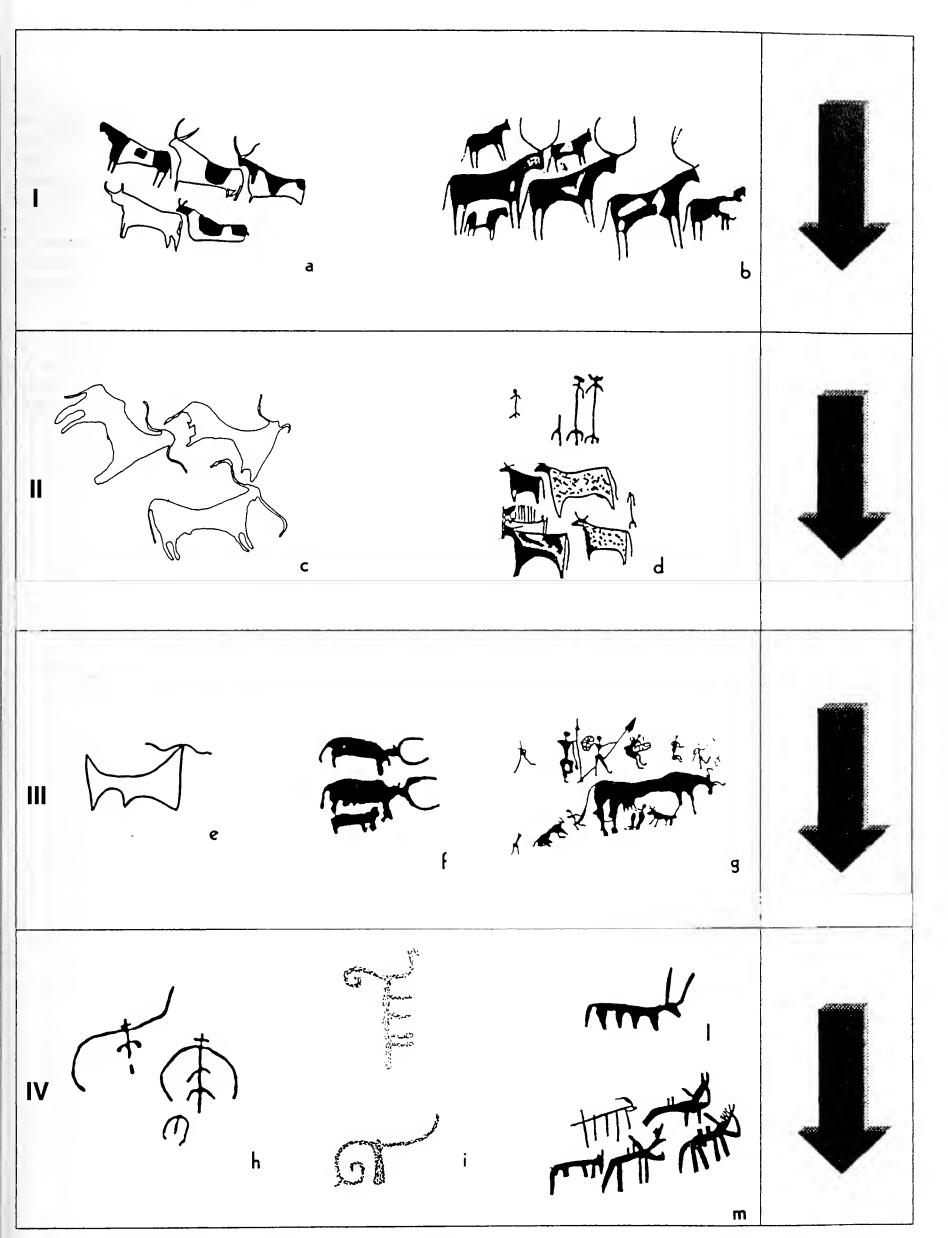



Fig. 1 - Schema riassuntivo del percorso iconografico dell'arte rupestre eritrea: a) Carora - Abba Ciakat (*da Vigliardi Micheli, 1956); b) Ba'attì Sullùm (da Graziosi, 1964b); c) Carora - Abba Ciakat (*da Vigliardi Micheli, 1956); d) Sullùm Ba'attì (da Graziosi, 1964b); e) Soqelà (da foto Franchini); f) Iscmelè I (da Graziosi, 1964b); g) Zebàn Onà Libanòs I (da Graziosi, 1964b); h) Ba'attì Abba Keisì (da Graziosi, 1964b); i) Lamdrara (da Červíček, 1976b); l) Jago (da foto Calegari); m) Mai Dubburò (da foto Franchini).

bovini con il corpo estremamente allungato. Gli animali sono resi in molti casi in modo verosimile (Fig. 1 g). Anche la figura umana è rappresentata in modo realistico, ricercata esteticamente, con varianti e semplificazioni spazio - temporali. Alcune scene sono di carattere naturalistico. Compaiono armi: scudi, lance dalla grande punta metallica e pugnali. In seguito si riscontra un percorso di schematizzazione sia per la figura umana che per quella del bovino.

Queste novità figurative e culturali si incrociano con le precedenti tradizioni e si scorgono scambi interattivi con la Penisola Araba. Ad un certo punto l'introduzione del *Bos t. prim. indicus* può essere colta come elemento cronologico, che non modifica però le istanze figurative.

Temi identificati: la mandria; la mucca con il vitello; il gruppo degli uomini allineati; l'icona del guerriero; il pastore guerriero; il felino che attacca; la scena di aratura.

IV) - Prosieguo delle tradizioni figurative verso forme più semplificate e stilizzate: da un lato la schematizzazione del bovino e delle sue corna, iniziata precedentemente, si traduce in figure allusive e ideogrammatiche (Fig. 1 h, i); dall'altro assistiamo all'esaurirsi di una tradizione figurativa in forme «fruste» e stereotipe (Fig. 1 l). Le figure zoomorfe pettiniformi si prestano in un momento assai tardo a piccole narrazioni con figure di guerrieri a cavallo e cammelli (Fig. 1 m). Scritte, marchi tribali e disegni *naïf* prolungano la tradizione di dipingere o tracciare segni sulle rocce sino ai nostri giorni.

Temi identificati: la mandria; scene di combattimento.

Approfondimento e confronti delle sequenze iconografiche

Del primo momento dell'arte rupestre etiopico – eritrea (Fig. 2) gli esempi più evidenti sono: per l'Eritrea, le pitture della fase antica di Carora, quelle di Ba'attì Sullùm e alcune figure incise a Temalihè; mentre per l'Etiopia, le espressioni del primo periodo di Genda Biftou - Sourrè.

Questi esempi sono rapportabili, per via filologica, a manifestazioni d'arte rupestre presenti in ambito sahariano. In particolar modo è possibile accostare le pitture di Ba'attì Sullùm a quelle del Ghebel Awenat libico - sudanese, come aveva suggerito anche Paolo Graziosi (Graziosi, 1964b). Questo confronto è possibile sia dal punto di vista iconografico che formale. Nel primo caso con l'accostamento ed il paragone di tematiche figurative, tra le quali spicca quella del vitello sotto il ventre della madre; nel secondo con il confronto formale degli aspetti figurativi che mette in evidenza schemi grafici di base comuni. Il paragone può essere esteso alle pitture dell'Ennedi, in Ciad (es. Fada e Hirte-Benari) e alle incisioni rupestri dell'oued Balho e Dorra nel Gibuti. In tutte queste località le immagini sono «preziose» e di buona fattura: gli animali sono descritti secondo un chiaro modello iconografico: una sottile ed elegante astrazione del vero. Sovente viene posta l'attenzione sulle corna, lunghe e sottili, enfatizzate anche in successive figurazioni più schematiche.

Il disegno di base, per queste figure di bovini, è costituito da due archi ribassati paralleli: l'uno inferiore che traccia la curva del ventre, l'altro superiore (rettilineo o sinuoso) che disegna glutei, dorso e collo. L'immagine di base è dunque una figura «a ponte», che condurrà a varie forme di schematizzazione. Questo disegno iniziale, facile da memorizzare e da trasmettere, sembra presente, pur con varianti e spunti differenti, in un vastissimo ambito che comprende manifestazioni figurative di culture pastorali di tutto il Sahara e della Penisola Araba.

Sia che lo si legga in chiave di «convergenza» (come schema grafico insito nelle forme «limitate» di base dell'espressione figurativa umana, in grado di comparire in luoghi e tempi diversi) sia che lo si legga in chiave di «diffusione», il nostro «modello grafico» sembra spiegare quell'«aria di famiglia» che si coglie appunto su di un ampio ventaglio spazio – temporale che, limitandoci ad esempi prossimi all'Eritrea, comprende il Ciad, l'Egitto, l'Etiopia ed il Sudan (Fig. 3).

A Sullùm Ba'attì, in Eritrea, le figure di bovini sono realizzate con grande economia di segno, utilizzando praticamente solo gli elementi grafici di base che abbiamo accennato. Elementi che costituiranno in seguito quel substrato iconografico che, nella produzione d'arte rupestre pastorale etiopico - eritrea, presiederà alla costruzione della figura del bovino, seguendo percorsi di schematizzazioni, semplificazioni e varianti grafico - pittoriche regionali e cronologiche.

La tradizione figurativa con la quale pare abbia inizio l'arte rupestre etiopico - eritrea predilige dunque la rappresentazione delle mandrie di bovini; rappresentazioni, abbiamo visto, verosimili nella descrizione figurativa ma staccate dalla realtà quotidiana. In questo contesto la figura umana assume un ruolo estremamente emblematico. L'uomo viene raffigurato in maniera «astratta» e decisamente schematica. In quelle che ritengo essere le pitture più antiche del complesso di Carora, le figure umane, che indossano un gonnellino bianco, hanno il busto trapezoidale, la testa ridotta ad un semplice trattino e gli arti «filiformi». Alcuni tengono in mano un oggetto a forma di cuore disegnato a solo contorno; in qualche occasione i personaggi sono figurati con il solo busto e gli arti superiori (Fig. 2 b).

Nelle altre località di questo primo momento gli uomini sono resi in forma ancor più astratta e schematica, sino a diventare segno, quasi ideogramma (Fig. 2 g, 9 a, b, g, h, i). A Laga Oda, nell'Harar (Etiopia), i personaggi hanno le braccia alzate, il busto molto corto, la testa appena accennata, i piedi sono indicati ed a volte è evidenziato il sesso maschile. Gli uomini, allineati, ricordano i cosiddetti «oranti»; in una composizione ad essi sono accostate figure circolari e subcircolari raggianti. A Genda Biftou - Sourrè, sempre in Etiopia, le figure umane rivelano il medesimo schema grafico, ancor più astratto: la loro forma è quella di una H. In Eritrea a Sullùm Ba'attì, come a Emba Barià, Lahlai Fecioquà, Mesbàr Gueibì I e

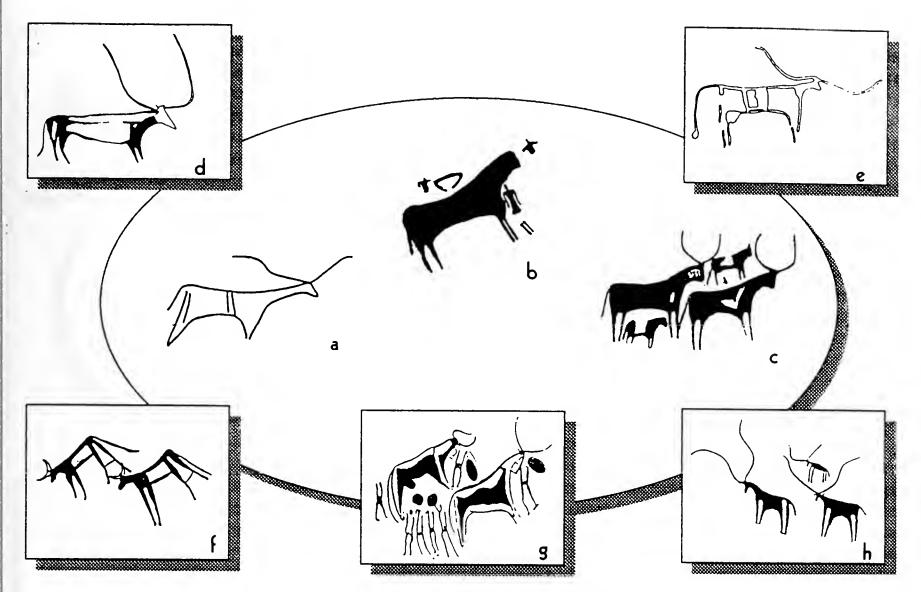



Fig. 2 - Rappresentazione del bovino: figure verosimili mutuate da un medesimo schema grafico. Iconografia e confronti: a) Temalihè, Eritrea (da foto Franchini); b) Carora - Abba Ciakat, Eritrea (*da Vigliardi Micheli, 1956); c) Ba'attì Sullùm, Eritrea (da Graziosi, 1964b); d) Kargur Talh, Awenat, Sudan (*da Striedter, 1984); e) Sayala, Nubia (da Kromer, 1970); f) Fada, Ciad (*da Striedter, 1984); g) Genda Biftou, Etiopia (da Willcox, 1984); h) Oued Balho, Gibuti (da Joussaume, 1995).

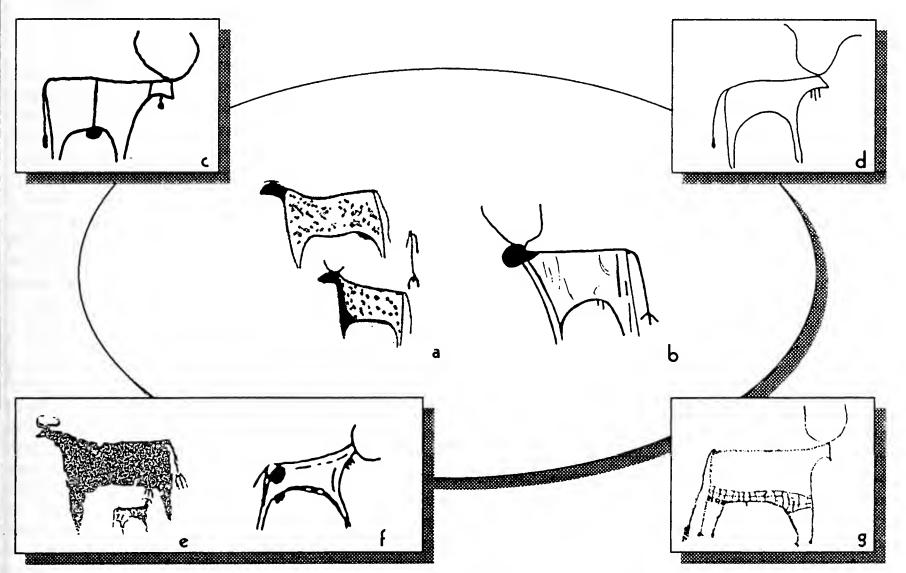



Fig. 3 - Rappresentazione del bovino: accentuazione dello schema «a ponte», impostato sul disegno della curva del ventre. Iconografia e confronti: a) Sullùm Ba'attì, Eritrea (da Graziosi, 1964b); b) Sullùm Ba'attì, Eritrea (da foto Calegari); c) Uri Sao, Ciad (*da AA. VV., 1996); d) Quena – Qoser Road, Egitto (*da Červíček, 1993); e) Laga Gafra, Etiopia (da Červíček & Braukämper, 1975); f) Abri d'Ourso, Etiopia (da Joussaume, 1995); g) Kargur Talh, Awenat, Sudan (*da Striedter, 1984).

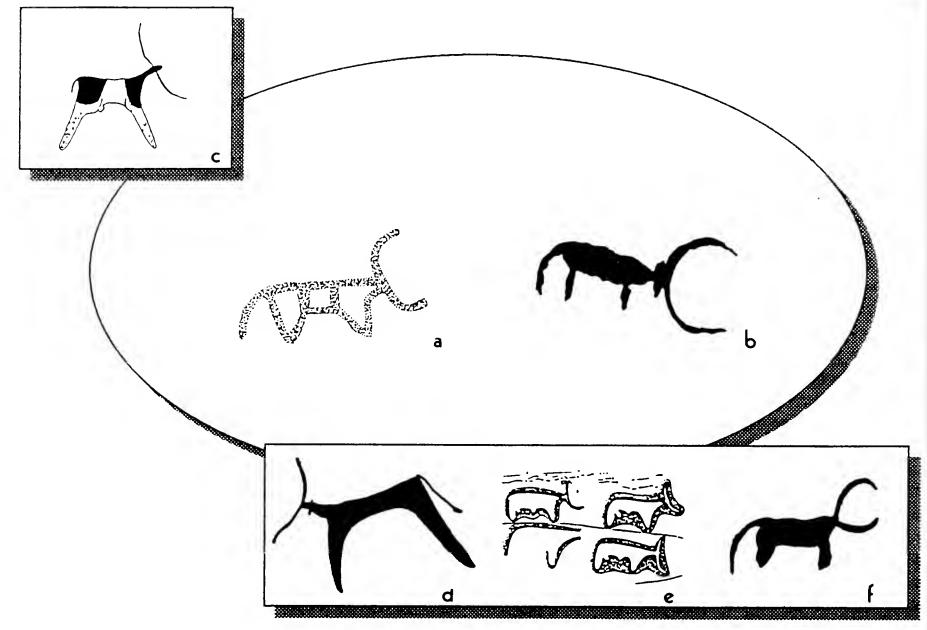



Fig. 4 - Rappresentazione del bovino: differenti varianti dello schema «a ponte». Iconografia e confronti: a) Ba'attì Terqè, Eritrea (da foto Franchini); b) Iscmelè II, Eritrea (*da Calegari, 1996); c) Karin Heegan, Somalia (da Brandt & Carder, 1987); d) Laga Oda, Etiopia (da foto Anfray); e) Galma, Etiopia (da Joussaume, 1995); f) Saka Sharifa, Etiopia (*da Clark, 1954).

Ba'attì Mobquàl, le figure umane sono del tipo «a zagaglia» e richiamano curiosamente, nella loro forma, le pitture schematiche della penisola iberica (Graziosi, 1964a). Qui gli uomini partecipano alle complicate narrazioni simboliche presenti sulla grande parete dipinta, accostandosi agli animali o cavalcandoli, sovente disponendosi in gruppi allineati. Di certo in questo momento antico dell'arte rupestre etiopico – eritrea l'uomo non è mai descritto in figure verosimili e mai in atteggiamenti naturalistici.

Dalle istanze figurative di questo primo momento parte dunque una produzione che rappresenta, per quello di cui disponiamo, la parte più cospicua dell'arte rupestre pastorale etiopico - eritrea. Le figure segnano percorsi che, alla luce delle attuali conoscenze, sarebbe azzardato cercare di definire con precisione. In molti casi il bovino si riassume in un rettangolo smussato per il corpo, da cui sporge ad un'estremità la coda e dall'altra la testa come breve appendice su cui si impostano le lunghe corna e le orecchie. Le zampe sono solo due trattini: uno per le anteriori, l'altro per le posteriori (Fig. 4). Alcuni esempi sono per l'Eritrea a Iscmelè e per l'Etiopia a Saka Sharifa nell'Harar.

Un altro degli «stili» con il quale il bovino viene rappresentato è caratterizzato da un particolare disegno che tende ad accentuare l'avvallamento della linea dorsale dell'animale (Fig. 5). L'opposizione dunque, a convessità inversa, delle due curve del ventre e del dorso, conferisce al bovino un aspetto «a clessidra» o «a bipenne», che tende sempre più alla simmetria. Questa sorta di bovini «a farfalla» sono inizialmente presenti in Eritrea già a Carora (con tratti più verosimili e con indicate tutte e quattro le zampe) e, sempre più schematici, a Gamà, Dighim, Cor Sahunè, Addì Qansà I e II, Soqelà, Mesellach Aderessom, Gobò Adi Ambar e in Etiopia a Edit, Errer Kimiet e Ham. In un primo momento l'animale rappresentato è il macrocero dalle lunghe corna ondeggianti poi, come a Ba'attì Meshùl e Mai Qernì, sarà figurato con questa grafia anche il bue gibbuto.

Ai percorsi spazio - temporali della figura iniziale del bovino ed alle sue differenti evoluzioni - involuzioni figurative si accostano, in seguito, nell'area etiopico - eritrea altri modelli iconografici, che trovano confronti con espressioni artistiche attribuibili all'Età del Bronzo della Penisola Araba (Anati, 1968; Calegari, 1998a). Forti novità, infatti, ad un certo momento fanno la loro comparsa sulla scena dell'arte rupestre di quest'area geografica, rivelando un nuovo sistema di pensiero nelle culture dei pastori. In alcuni casi è possibile cogliere queste novità in composizioni originali e uniformi, in altri casi è possibile scorgerle, integrate o accolte, nel prosieguo delle precedenti tradizioni. Le nuove istanze figurative sembrano privilegiare la figura umana rispetto a quella del

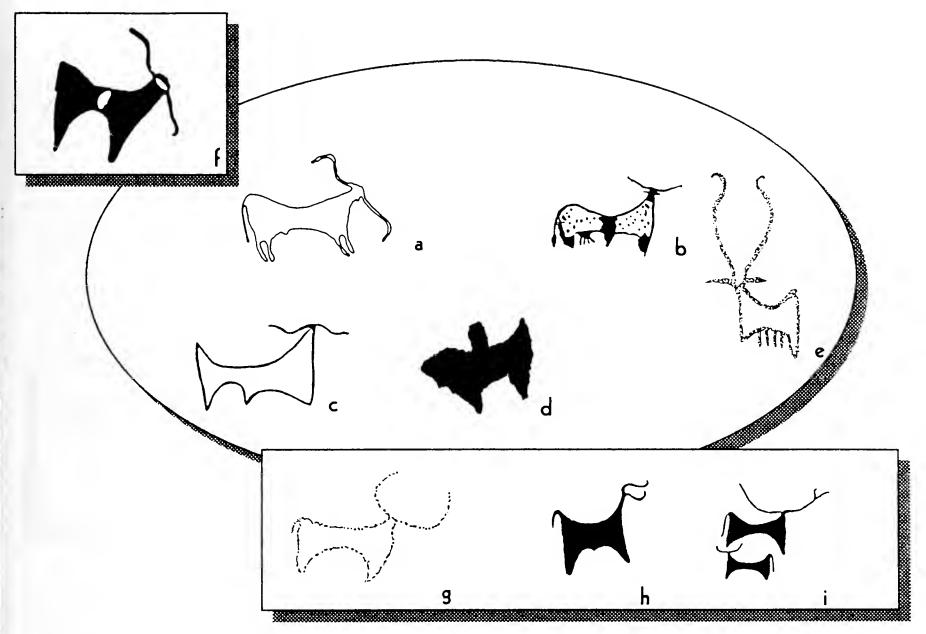



Fig. 5 - Rappresentazione del bovino: differenti varianti dello schema «a farfalla». Iconografia e confronti: a) Carora - Abba Ciakat, Eritrea (*da Vigliardi Micheli, 1956); b) Addì Qansà I, Eritrea (da foto Franchini); c) Soqelà, Eritrea (da foto Franchini); d) Mai Qernì, Eritrea (da foto Franchini); e) Dighim, Eritrea (da foto Franchini); f) Karin Heegan, Somalia (da Brandt & Carder, 1987); g) Ham, Etiopia (da Černíček, 1993); h) Errer Kimiet, Etiopia (da Joussaume, 1995); i) Edit, Etiopia (da Franchini, 1964a).

bovino. Alle mandrie si preferisce, in questo momento, la descrizione del singolo animale, a volte strettamente legato all'uomo.

Anche nella sua rappresentazione grafico - pittorica il bue ci rivela nuovi modelli (Fig. 6): il corpo dell'animale è infatti molto allungato e le zampe, parallele, hanno forme di triangoli isosceli rovesciati. Il collo e il capo sono disegnati sul proseguimento della linea orizzontale del dorso. Le corna, in genere lunghe, sono quasi sempre sinuose ed il mantello presenta, in alcuni casi, decorazioni a punti o a meandri. In Eritrea esempi sono presenti a Zebàn Kebesà I, Zebàn Abùr II, Addì Qansà I e II, Jago, Zebàn Onà Libanòs I e II, Sa'ada Ba'attì III, Ba'attì Onà, Ba'attì Terqè, Cor Sahunè, Ba'attì Meshùl, Nishtò Cohò, Kesad Qernì, Mehbà Eclì e Cohè Edagà. Di questo modello figurativo conosciamo realizzazioni a forte impronta naturalistica (Zebàn Onà Libanòs I) o, più sovente, legate ad uno schema conformistico e uniforme, nel quale è facile intravedere quella figura «a pettine» che ne sarà la naturale derivazione o estrema semplificazione.

Anche la rappresentazione dell'uomo che accompagna questa nuova immagine del bovino ci appare completamente rinnovata (Fig. 10). I personaggi sono descritti secondo un preciso canone di bellezza: l'uomo ha la vita stretta, le spalle larghe, le gambe lunghe e muscolose. Quello che si mostra è dunque un «guerriero esteta» con il corpo slanciato ed elegante nell'armonia delle proporzioni e nei gesti. Esempi si trovano in Eritrea a Zebàn Onà Libanòs I e Zebàn Kebesà I e in Etiopia all'Amba Focadà (Fig. 15).

Gli artisti di questo momento ci offrono descrizioni quasi naturalistiche del loro mondo, con oggetti, gesti e atteggiamenti quotidiani a volte colti nel minimo dettaglio. Al contempo la figura del guerriero è mostrata con grande enfasi marziale mentre mostra le sue armi: scudi, pugnali e, soprattutto, lunghe lance dalla grande punta metallica. Dall'arte rupestre ci giungono dunque echi e riflessi di cambiamenti sociali e culturali confrontabili, sia nell'aspetto iconografico che nella descrizione di alcuni tratti ergologico - culturali, con le incisioni attribuibili all'Età del Bronzo della Penisola Araba.

In questo momento altri nuovi temi e scene appaiono nelle composizioni figurative; ne sono esempi l'immagine del felino che attacca gli uomini e quella dell'aratura (Figg. 11 e 12).

In seguito la figura del pastore guerriero, con la testa tondeggiante e la lunga lancia, si mostrerà con acconciature «a fungo» o si vestirà con una sorta di tunica e seguirà, al pari della figura del bovino, un suo processo di semplificazione o di caratterizzazione locale.

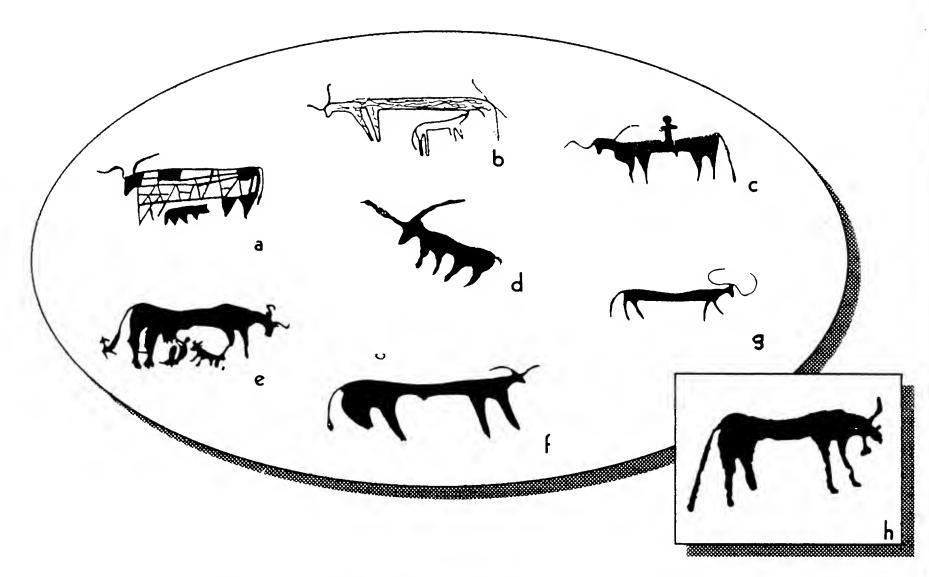



Fig. 6 - Rappresentazione del bovino: differenti varianti dell'animale a «corpo allungato». Iconografia e confronti: a) Cor Sahunè, Eritrea (da foto Franchini); b) Nishtò Cohò, Eritrea (da foto Franchini); c) Zebàn Kebesà I, Eritrea (da foto Cicerale); d) Jago, Eritrea (da foto Calegari); e) Zebàn Onà Libanòs I, Eritrea (da Graziosi, 1964b); f) Ba'attì Meshùl, Eritrea (da foto Cicerale); g) Ba'attì Onà, Eritrea (da foto Cicerale); h) Amba Focadà, Etiopia (*da Mordini, 1941).

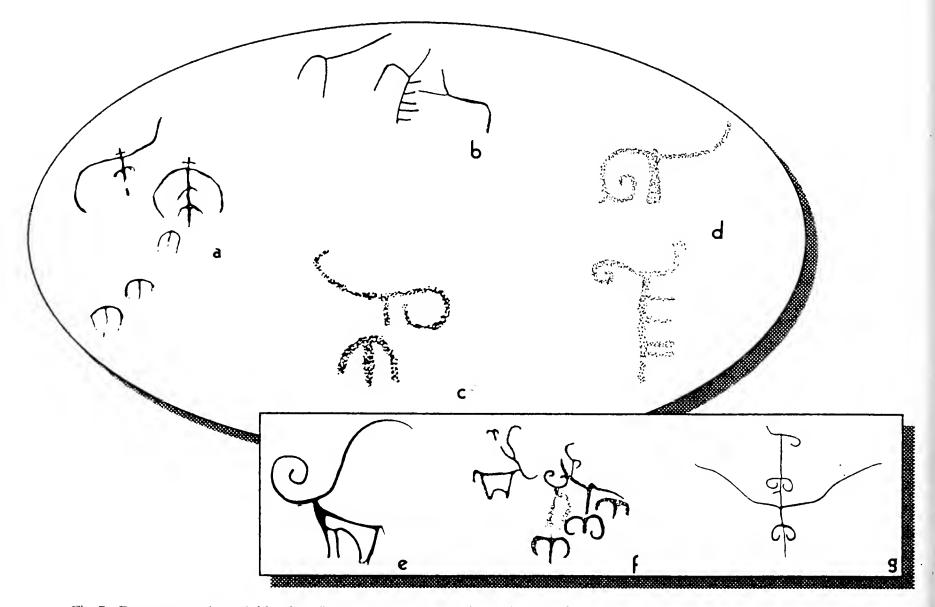



Fig. 7 - Rappresentazione del bovino: figure estremamente schematizzate sull'enfatizzazione delle corna. Iconografia e confronti: a) Ba'attì Abba Keisì, Eritrea (da Graziosi 1964b); b) Meteccà Arè, Eritrea (da foto Franchini); c) Car Saglà, Eritrea (da foto Franchini); d) Lamdrara, Eritrea (da Červíček, 1976b); e) Dorra, Gibuti (da Joussaume, 1995); f) Yangoulakoma, Gibuti (da Joussaume, 1995); g) Dorra, Gibuti (da Joussaume, 1995).

Al contempo questa descrizione più verosimile della figura umana fornirà nuovi spunti all'iconografia tradizionale dei gruppi di uomini allineati, dando origine a quelle composizioni frontali a figure antropomorfe (i «testimoni impassibili») che incontriamo a Daarò Caulòs, Ba'attì Mariam e Iscmelè I (Fig. 9 d, e, f).

In tempi più recenti, potremmo dire dall'inizio dell'Era Cristiana in avanti, l'arte rupestre dell'Eritrea sembra assolvere (con rappresentazioni anche tra loro coeve) funzioni differenziate, parlando linguaggi diversi e forse tra loro incomprensibili, quasi si trattasse di forme espressive differenti.

Possiamo riassumere questo concetto nei due esempi più evidenti: in un certo caso noteremo la conclusione di uno dei percorsi di astrazione progressiva della figura del bovino verso forme di puro segno simbolico – ideogrammatico (Fig. 7), riscontrabili ampiamente anche in Gibuti, Somalia ed Etiopia. Il percorso verso queste forme grafiche potrebbe aver avuto inizio alle soglie del I millennio a.C., protraendosi per un tempo molto lungo (Joussaume, 1995, fig. 26).

In questo caso si tratta comunque di rappresentazioni che si agganciano a quel dialogo spirituale con l'animale che aveva ispirato le più antiche figurazioni. Il semplice segno iperschematico cui pervengono queste immagini conserva dunque, forse anche ad insaputa di chi lo esegue, un enorme fascio di significati simbolici. In Eritrea alcuni esempi si trovano a Kortamit, Lamdrara, Dembe Wadi Mudui, Maji Malehèšš, Endà Abùne Teklè, Mesbàr Gueibì II, Ba'attì Abba Keisì, Car Saglà, Ba'attì Uqùb, Meteccà Arè, Ba'attì Uod Denghezièe e Addì Qansà II. Il protrarsi di questa pratica figurativa la porterà ad essere coeva (in un momento molto tardo) con quell'altra scelta espressiva, completamente differente, che ho chiamato come secondo esempio.

In questo caso il supporto roccioso è utilizzato come «pannello» per descrizioni *naïf*. Le immagini, stereotipe, sono rese con disegni semplici, alla portata di tutti, sovente scadenti e rappresentano piccole scenette che in genere fanno riferimento ad episodi guerreschi (Fig. 14). Quasi sempre compaiono figure di cavalieri che combattono, sovente un uomo appiedato affronta un cavaliere, mentre in altre descrizioni uomini a piedi conducono le cavalcature tenendole per le briglie. A volte sono presenti cammelli. Queste rappresentazioni, che si ripetono molto simili, sembrano avere come unico scopo quello di illustrare fatti o gesta legati a racconti di tradizione orale ben conosciuti e riprodotti in versione grafica, col valore quasi del pittogramma.

La scarsa antichità di questi lavori è ribadita da dettagli, come quelli delle selle e briglie o dalla descrizione delle armi, in genere lance o spade ed, infine, fucili. Con ciò non voglio escludere che queste rappresentazioni rimandino anche a valori simbolici legati a miti o a riflessioni di carattere spirituale, come testimonia il fatto stesso che siano stati realizzati in luoghi particolari di natura come rocce o ripari, di fatto però la scelta figurativa è un'illustrazione ben diversa da quella di chi ha preferito il segno simbolico - ideogrammatico.

TEMATICHE FIGURATIVE

Al confronto puramente formale che permette di evidenziare similitudini tra gli «stili» o le soluzioni grafico - pittoriche delle figure, è possibile accostare una serie di osservazioni di tipo iconografico con le quali cogliere, ove è possibile, gli aspetti tematici o narrativi presenti nei vari cicli di pitture e incisioni. Evidentemente queste osservazioni non possono aver la pretesa di condurci a soluzioni di puro carattere iconologico, essendo a noi oscuro, al di là dell'aspetto figurativo, il mondo ideologico e mitologico delle genti che hanno realizzato le opere d'arte rupestre.

Ciò non di meno, l'analisi di alcuni temi o accostamenti ricorrenti ci lascia penetrare in quel mondo, quasi che, tra le righe del linguaggio figurativo, sia possibile «leggere» alcuni episodi che si ripetono puntualmente in certe narrazioni, come nodi di una più vasta trama concettuale. In questi casi il confronto formale può non essere di alcun aiuto poiché lo stesso tema può essere rappresentato con differenti tratti grafico - pittorici legati all'espressione tradizionale di un gruppo o allo stile personale di un artista, come viceversa espressioni di diverso significato possono essere illustrate con figure simili per tipologia ed elemento stilistico. La riflessione, insomma, richiede prudenza; in tutti i confronti non bisogna scordare che quelle che sembrano somiglianze possono essere semplici omonimie.

Nell'arte rupestre eritrea ho per il momento identificato alcune rappresentazioni che, per lo specifico argomento trattato e la particolare natura compositiva piuttosto che per il loro ripetersi uguali in diverse località, ho ritenuto di poter considerare come veri e propri «temi» figurativi. In queste mie considerazioni ho voluto dunque privilegiare l'analisi iconologica; così, senza ignorare i rischi dell'operazione, ho cercato di enucleare dai vari complessi figurativi quelle composizioni che, a mio avviso, esprimevano precise narrazioni tematiche, confrontandole con alcuni esempi di altre località. Va però ribadito che i confronti stessi non si riferiscono tanto alla soluzione figurativa quanto al riconoscimento degli aspetti tematici. Vediamo dunque le tematiche più ricorrenti.

La mucca con il vitello

Il tema che segnalo come il più antico sinora identificato nell'arte rupestre eritrea è quello della mucca con il vitello sotto il ventre, in un gesto di protezione o, più sovente, di allattamento (Fig. 8). Questo tema, certo tra i più importanti e duraturi del Corno d'Africa, ci rivela alla sua origine l'aggancio con le culture pastorali del mondo sahariano.

Le più antiche di queste rappresentazioni, a Ba'attì Sullùm nel Deghien (Eritrea) e a Genda Bif-

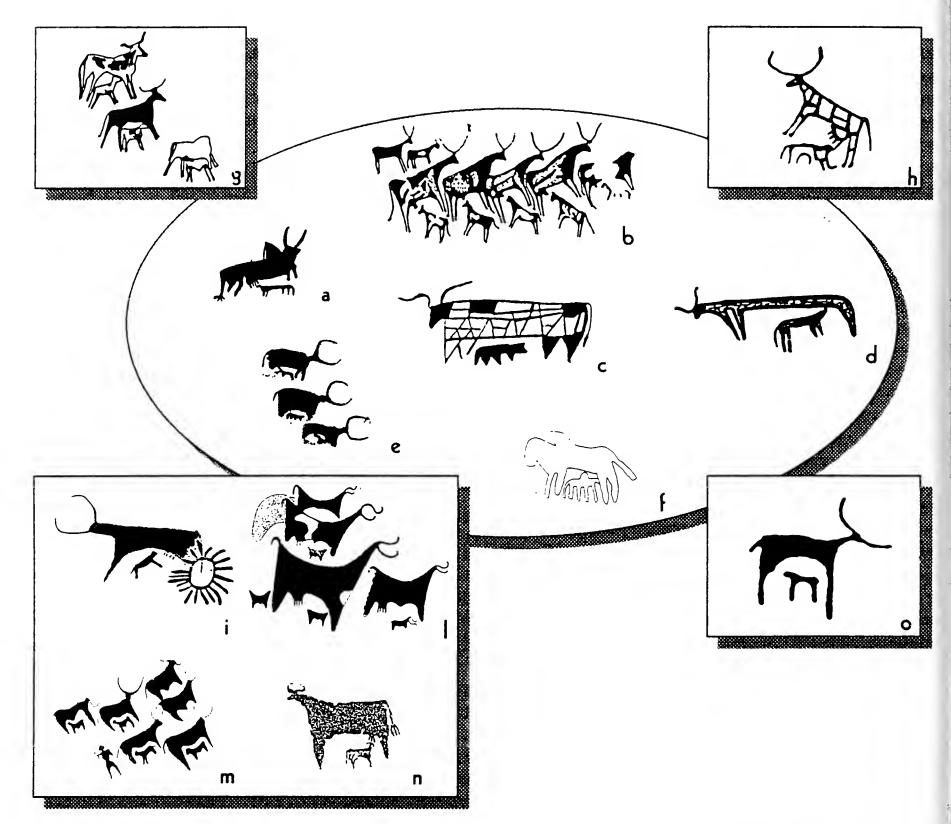



Fig. 8 - Rappresentazione tematica: «La mucca con il vitello». Iconografia e confronti: a) Addì Qansà I, Eritrea (da foto Franchini); b) Ba'attì Sullùm, Eritrea (da Graziosi, 1964b); c) Cor Sahunè, Eritrea (da foto Franchini); d) Nishtò Cohò, Eritrea (da foto Franchini); e) Iscmelè I, Eritrea (da Graziosi, 1964b); f) Addì Alautì - Cutub Le Galbà, Eritrea (da foto Calegari); g) Àin Dòua, Libia (*da Di Caporiacco & Graziosi, 1934); h) Sayala, Nubia (da Huard & Allard Huard, 1978); i) Laga Oda, Etiopia (da Červíček, 1976b); l) Goda Rorris, Etiopia (da Joussaume, 1995); m) Genda Biftou, Etiopia (da Joussaume, 1995); n) Laga Gafra, Etiopia (da Červíček, 1976b); o) Karin Heegan, Somalia (da Brandt & Carder, 1987).

tou nell'Harar (Etiopia), ci mostrano all'interno di una mandria alcune mucche vicine tra loro in atto di allattare i loro vitelli. Ho già fatto osservare come in realtà, nonostante la suggestione del tema, queste rappresentazioni siano tutt'altro che descrizioni naturalistiche, sia che le si consideri dal punto di vista pittorico, sia che le si voglia cogliere come citazione di un momento pastorale. Una simile «scenetta» infatti, sembrerebbe piuttosto improbabile come descrizione di vita quotidiana, soprattutto se si considerano le pratiche legate all'allattamento dei vitelli messe in atto dai popoli allevatori di bovini, almeno come le conosciamo in etnografia (Marchi, 1909; Smith, 1985; Calegari, 1998b).

L'origine e la dinamica di questo tema vanno però ricercate nell'arte rupestre sahariana del periodo pastorale. Nelle montagne libiche del Ghebel Awenat, tra le pitture di Àin Dòua, molte rappresentazioni descrivono, in chiave naturalistica questa volta, uomini e animali colti nei loro atteggiamenti quotidiani. In queste figurazioni naturalistiche che caratterizzano alcuni aspetti dell'arte rupestre sahariana del periodo degli allevatori si celano però, oltre a ciò che si può vedere, infinite narrazioni i cui significati sono sconosciuti ai non iniziati. Si tratta di descrizioni nelle quali vengono espresse contemporaneamente complesse pratiche di sussistenza e manifestazioni di carattere culturale e spirituale. Tra queste descrizioni alcune, seguendo particolari percorsi dinamici spazio - temporali, sembrano essersi evidenziate in determinati ambienti o culture, diventando temi specifici di espressioni figurative.

Questo pare essere il caso della figura della mucca con il vitello che, inserita inizialmente in composizioni di gruppo, si trasformerà in seguito anche in una sorta di «icona» di vasta distribuzione, in grado di esprimere le preoccupazioni e i desideri di un mondo

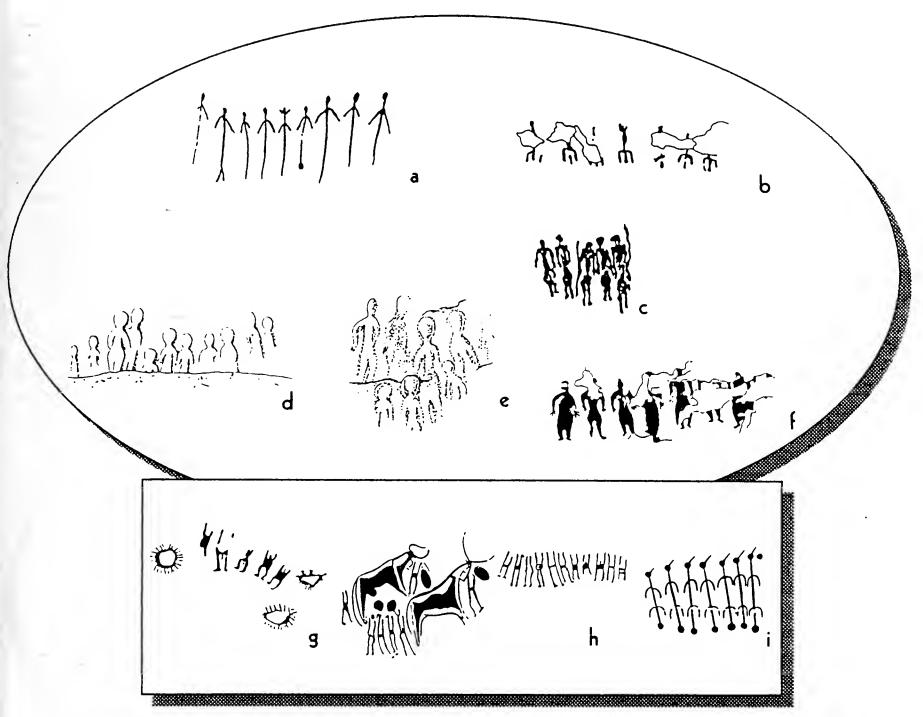



Fig. 9 - Rappresentazione tematica: «Il gruppo degli uomini allineati». Iconografia e confronti: a) Sullùm Ba'attì, Eritrea (da foto Calegari); b) Sullùm Ba'attì, Eritrea (da foto Calegari); c) Carora - Abba Ciakat, Eritrea (*da Graziosi, 1964b); d) Ba'attì Mariam, Eritrea (da foto Calegari); e) Daarò Caulòs, Eritrea (da foto Calegari); f) Iscmelè I, Eritrea (da foto Calegari); g) Laga Oda, Etiopia (da Červíček, 1976b); h) Genda Biftou, Etiopia (da Willcox, 1984); i) Wayber, Etiopia (da Joussaume, 1995).

pastorale. Questo tema, per citare alcuni esempi eritrei, è presente a Iscmelè I, Ba'attì Sullùm, Addì Qansà I e II, Addì Alautì, Temalihè, Cor Sahunè, Nishtò Cohò, Adi Anzarafò ed Endà Atal.

Il gruppo degli uomini allineati

Un altro tema di lunghissima durata, il cui inizio è collocabile in momenti antichi dell'arte rupestre etiopico - eritrea, è quello delle figure antropomorfe accostate e allineate in posizione frontale (Fig. 9).

Questa rappresentazione del gruppo degli uomini, anche se in relazione a bovini dipinti in modo verosimile, ci mostra, pur con differenze regionali e probabilmente cronologiche, una forte schematizzazione della figura umana ridotta quasi a segno grafico.

In qualsiasi caso, tranne qualche accenno ad acconciature, non vengono mai evidenziati abbigliamento né particolari attributi, tantomeno sono associati agli uomini armi o manufatti. I personaggi non vengono raffigurati in scene legate a momenti della vita quotidiana, sono viceversa «fermati» nello stesso disegno stereotipo, identici nella postura frontale e ripetuti uguali, sovente allineati. In Etiopia citiamo gli esempi di Laga Oda, Genda Biftou e Wayber; per l'Eritrea gli esempi più evidenti sono a Sullùm Ba'attì. A Carora un rilievo di Graziosi ci mostra un gruppo di personaggi, forse di un momento meno antico, con anatomia più spiccata (Fig. 9 c).

Il gruppo di antropomorfi allineati deve certo aver rappresentato un tema importante nel simbolismo espresso dall'arte figurativa tanto che, in seguito, esso continuerà ad essere citato in quelle composizioni a figure frontali presenti in bassorilievo a Daarò Caulòs e Ba'attì Mariam e, in versione pittorica, a Iscmelè I. In questi casi gli antropomorfi, che ho chiamato «testimoni impassibili», dipinti o scolpiti secondo un comune schema iconografico, rappresentano la continuazione di una precisa tradizione figurativa che attribuisce a questo genere di composizioni un particolare valore.

I personaggi di questo momento risentono di quelle innovazioni, dal punto di vista della miglior definizione della figura umana, che appare con i pastori guerrieri armati di armi metalliche: essi sono infatti schematizzati ma ben caratterizzati nei loro aspetti anatomici.

Al contempo però essi sono la descrizione sintetica dell'uomo, senza attributi o posture che lo qualifichino al di là della pura ieratica apparizione antropomorfa, come sembra volere la tradizione delle più antiche pitture.

Il guerriero esteta: l'icona del guerriero e il pastore guerriero

L'uomo, rappresentato in modo verosimile con il corpo allungato ed elegante e le spalle larghe, appare ad un certo punto dell'arte etiopico - eritrea mostrando le sue armi: scudi e lance dalla lunga punta, visibilmente metallica. In molti casi, contrariamente ai precedenti momenti dell'arte rupestre eritrea, egli è raffigurato in alcuni aspetti di vita quotidiana.

In questo contesto sembra di poter cogliere due rappresentazioni della figura umana. L'una è quella che ci mostra l'icona del guerriero in atteggiamento «marziale» impassibile, mentre esibisce le sue armi con valore di attributi (Fig. 10 g, h). Questo momento figurativo, di cui non conosciamo l'estensione geografica o temporale, si esprime con diverse modalità stilistiche, tra le quali traspare però la stessa traccia tematica. In un caso, per citare qualche esempio più

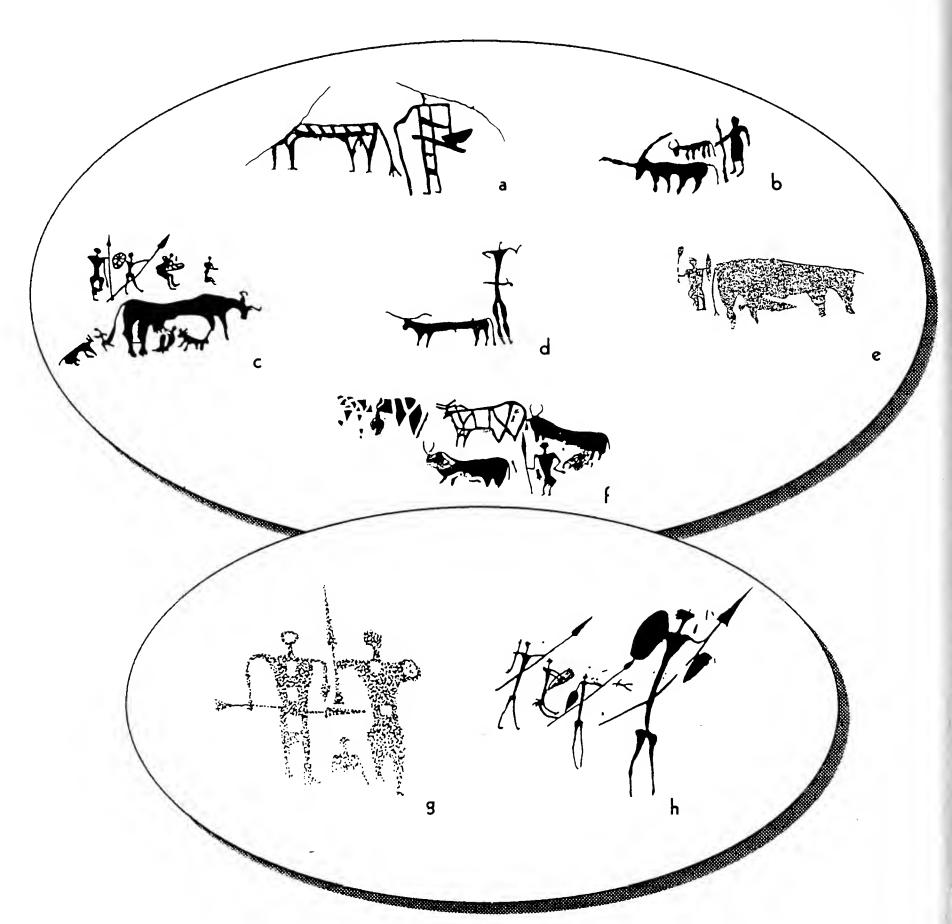



Fig. 10 - Rappresentazione tematica: «Il guerriero esteta»: il pastore guerriero (a-f); l'icona del guerriero (g-h). Iconografia e confronti: a) Zebàn Kebesà I, Eritrea (da foto Cicerale); b) Jago, Eritrea (da foto Calegari); c) Zebàn Onà Libanòs I, Eritrea (da Graziosi, 1964b); d) Zebàn Kebesà I, Eritrea (da Graziosi, 1964b); e) Kesad Qernì, Eritrea (da foto Franchini); f) Addì Qansà I, Eritrea (da foto Franchini); g) Emba Celai, Eritrea (da foto Franchini); h) Zebàn Onà Libanòs I, Eritrea (da Graziosi, 1964b).

evidente, gli uomini mostrano i loro corpi nudi, come a Zebàn Onà Libanòs I. In un altro caso, a Emba Celai, i guerrieri sono invece vestiti con lunghe tuniche a riquadri e resi con forme più geometrizzanti. Le figure però, pur con differenze tecnico - stilistiche o forse cronologiche, sono sempre icone affiancate ed il discorso è il medesimo. Altri esempi in Eritrea sono a Meteccà Arè, Jago e Akezazaa Arah.

L'altro tema è quello del pastore guerriero (Fig. 10 a - f). In diversi gruppi pittorici è possibile osservare ed enucleare composizioni nelle quali un uomo, sovente armato di un'asta o lancia, accudisce alcuni bovini. Queste composizioni seguono il percorso stilistico - cronologico dell'icona del guerriero e, come questa, presentano l'uomo con il corpo nudo oppure vestito con una «tunica». Il tema, chiaramente identificabile a Zebàn Onà Libanòs I, ad Addì Qansà I, a Zebàn Kebesà I, a Jago e a Kesad Qernì, si accompagna alla raffigurazione del bovino a corpo allungato nelle sue versioni locali o temporali.

In questi due motivi nei quali compare la figura umana possiamo dunque scorgere due intenzioni figurative: una ieratica, l'altra più narrativa. Queste figurazioni (l'icona del guerriero ed il pastore guerriero) potrebbero descrivere due momenti della vita dell'uomo o forse sono rappresentati due diversi esponenti della società o di caste differenti.

Il felino che attacca

L'immagine del felino che si contrappone a uomini che lo affrontano o che aggredisce gli animali è abbastanza frequente tra le figurazioni rupestri etiopico - eritree (Fig. 11). Il tema, che forse già apparteneva a momenti più antichi della cultura degli allevatori, è certo presente in quel periodo più tardo nel quale appare il guerriero armato.

In queste figurazioni è possibile intravedere un mito nel quale il felino, probabilmente il leone, gioca il ruolo della forza antagonista, dell'immagine potente da affrontare o con la quale identificarsi, forse insegna del nemico da sconfiggere e sottomettere.

Il felino, con la lunga coda sollevata e le zampe anteriori protese in avanti, è quasi sempre molto feroce e aggressivo; lo troviamo chiaramente in Etiopia all'Amba Focadà con tre esemplari (Fig. 15) e a Genda Biftou e in Eritrea a Zebàn Kebesà I, a Jago e ad Addì Alautì; in quest'ultimo caso però i due felini raffigurati appaiono sottomessi o feriti, aggrediti piuttosto che aggressori. Altre località eritree dove sembra di poter individuare la figura del felino, anche se non direttamente riconducibile ad un tema preciso, sono Mesbàr Gueibì I, Sullùm Ba'attì, Emba Barià, Mehbà Eclì, Lamdrara, Ba'attì Meshùl, Mai Qernì e forse ad Addì Qansà I.

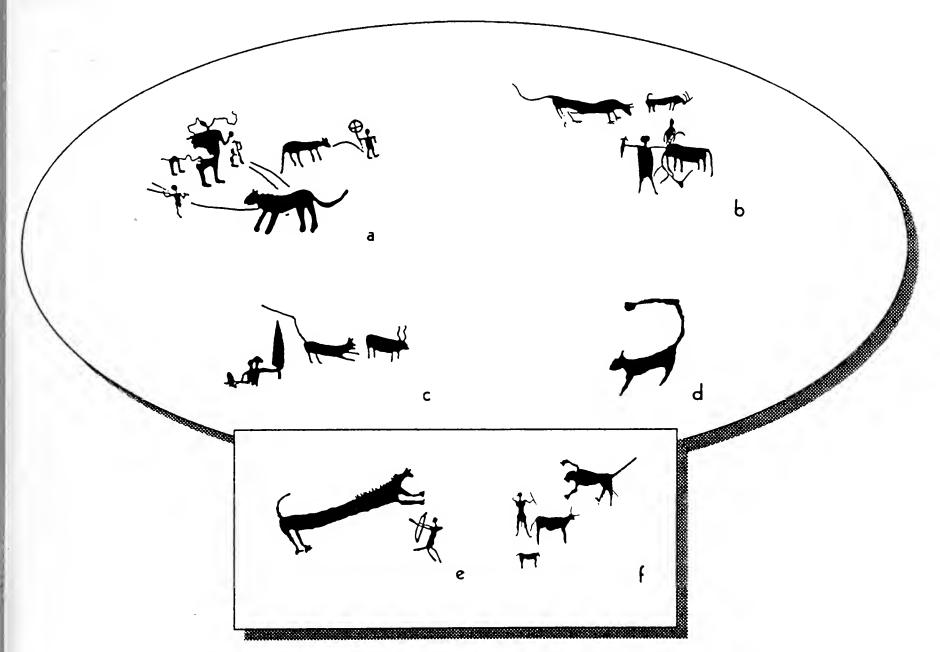



Fig. 11 - Rappresentazione tematica: «Il felino che attacca». Iconografia e confronti: a) Addì Alautì - Cutub Le Galbà, Eritrea (da foto Calegari); b) Zebàn Kebesà I, Eritrea (da foto Cicerale); c) Zebàn Kebesà I, Eritrea (da foto Cicerale); d) Jago, Eritrea (da foto Calegari); e) Amba Focadà, Etiopia (*da Mordini, 1941); f) Genda Biftou, Etiopia (da Joussaume, 1995).

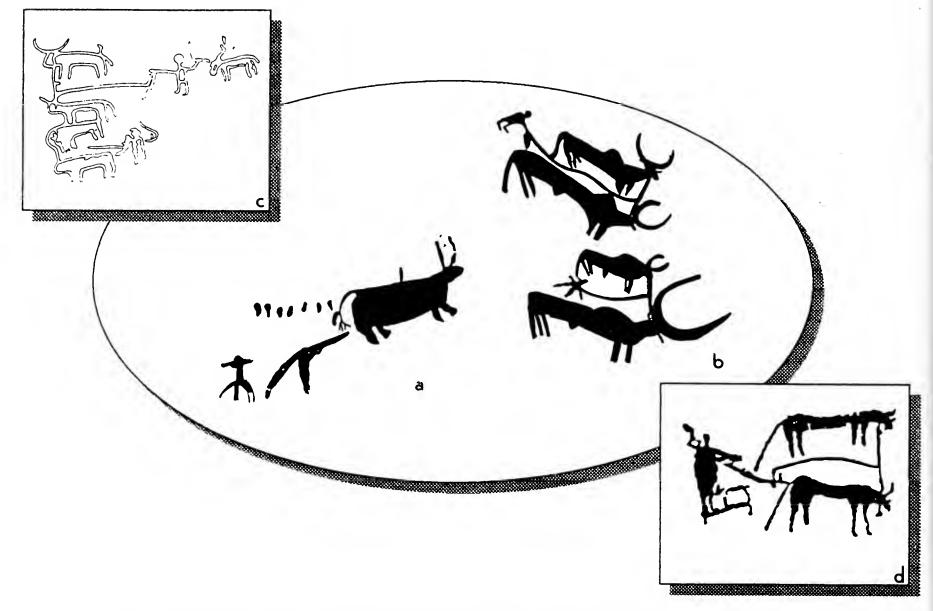



Fig. 12 - Rappresentazione tematica: «Scena di aratura». Iconografia e confronti: a) Endà Abbà Garimà II, Eritrea (da foto Franchini); b) Zebàn Abùr II, Eritrea (da foto Franchini); c) Sayala, Nubia (da Kromer, 1970); d) Amba Focadà, Etiopia (*da Mordini, 1941).

Composizioni di punti o coppelle allineati

Queste composizioni astratte sono molto frequenti nel repertorio dell'arte rupestre eritrea; gli esempi più importanti sono quelli di Ba'attì Mobquàl, Ba'attì Meshùl, Endà Abbà Garimà II, Sellìm Ba'attì, Sa'ada Ba'attì III, Zebàn Abùr I ed Emba Siè. Il loro carattere di pura pittura segnica ce le rende di difficile interpretazione e collocazione, soprattutto quando le si voglia accostare ad altre rappresentazioni di carattere naturalistico o verosimile.

In realtà queste composizioni, dalla cui apparente semplicità trapela un evidente messaggio simbolico «forte», costituiscono una chiave di lettura importante per comprendere il carattere di molta arte rupestre, legata il più delle volte al gesto rituale piuttosto che a quello esplicitamente descrittivo. Le composizioni in questione sono in sé il puro ed astratto intervento segnico su di una superficie; intervento che esclude ogni riferimento figurativo del vero, per non tradire, forse, il reale messaggio da trasmettere. Che non si tratti di segni tracciati casuālmente o con trascuratezza è del resto fuor di dubbio.

L'essenzialità del segno o la gestualità esecutiva, in questi casi, non vanno confuse con imperizia o scarso valore dell'opera. Questo tema è esposto con differenti tratti esecutivi: con sole macchie di colore (anche impronte di polpastrelli), con cerchietti o con coppelle ovali, a volte riempite di colore.

Cercare di riconoscere nei vari tondi o punti di colore l'estrema sintesi di una figura, antropomorfa o zoomorfa, come singole unità che nella composizione simboleggiano l'insieme, il gruppo o la mandria, sarebbe a mio avviso estremamente riduttivo. Mi piace pensare, invece, che queste composizioni siano impiegate come una tecnica che, attraverso lo sguardo, permette alla mente di disporsi alla comprensione, una sorta di ritmo per entrare in sintonia con aspetti di conoscenza o di memoria relazionabili a mitologie o saperi pratici, espressi unitamente ad altri linguaggi: orali, gestuali o musicali.

Scena di aratura

Ho ritenuto si dovessero considerare le scene di aratura come veri e propri temi iconografici, piuttosto che come occasionali descrizioni del quotidiano, anche se, per ciò che si conosce al momento, le immagini che si riferiscono all'aratura sono estremamente limitate nel repertorio dei rupestri eritrei. Di fatto, l'unico riferimento in Eritrea era l'immagine poco chiara di Endà Abbà Garimà II (Fig. 12 a) e soltanto all'Amba Focadà, in Etiopia (Fig. 12d, 15), si poteva osservare una bella raffigurazione di aratura dipinta con particolare cura nei dettagli.

Osservazioni accurate e nuove documentazioni, acquisite nel corso delle ultime campagne di ricerca

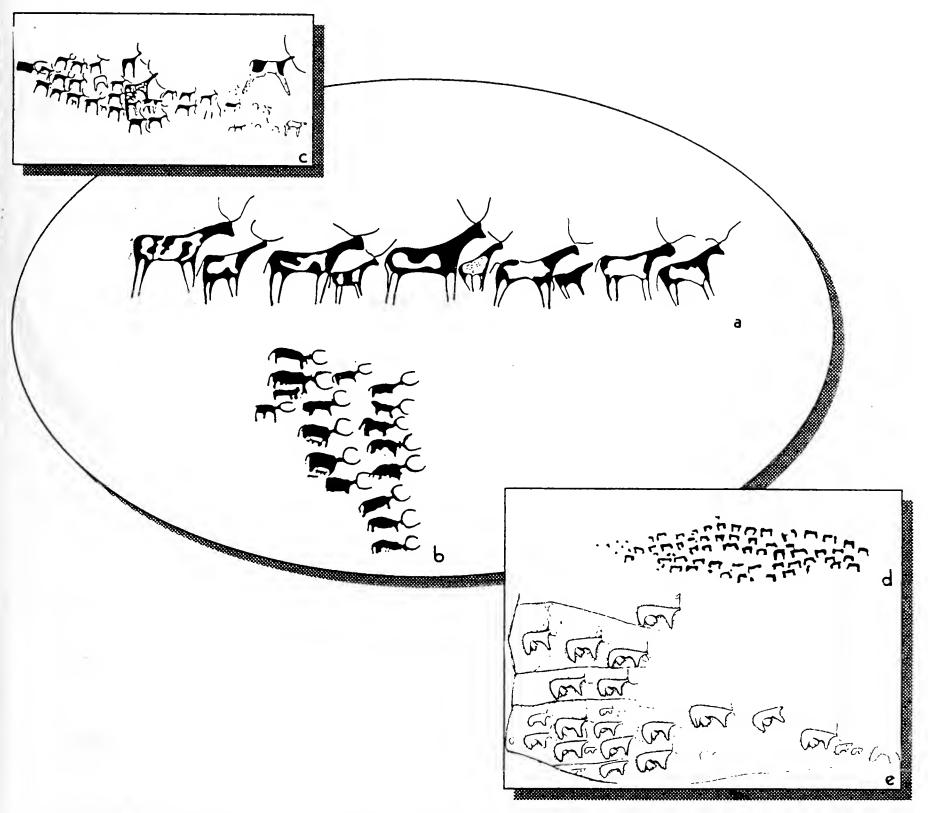



Fig. 13 - Rappresentazione tematica: «La mandria». Iconografia e confronti: a) Ba'attì Sullùm, Eritrea (da foto Calegari); b) Iscmelè I, Eritrea (da Graziosi, 1964b); c) Karin Heegan, Somalia (da Brandt & Carder, 1987); d) Laga Oda, Etiopia (da Červíček, 1971); e) Chabbè, Etiopia (da Anfray, 1967).

del Centro Studi Archeologia Africana, hanno permesso di identificare un'ulteriore rappresentazione di scena d'aratura (doppia) a Zebàn Abùr II (Fig. 12 b). In questo caso si tratta probabilmente dell'aggiunta posteriore di due aratri ad un gruppo di bovini gibbuti precedentemente dipinti. Un aratore di Zebàn Abùr II non si discosta molto da quello dell'Amba Focadà e trova il suo corrispettivo, come rappresentazione dell'uomo, in altri personaggi, anch'essi vestiti con una lunga tunica, presenti ad esempio nelle pitture di Jago e Addì Alautì, sul Cohaito. Personalmente colloco questo modello di raffigurazione in un momento che segue le immagini del «guerriero esteta», dipinte a Zebàn Onà Libanòs I e Zebàn Kebesà I e sono dunque d'accordo con il datare le scene di aratura presenti nelle pitture rupestri in Etiopia ed in Eritrea all'ultimo millennio a.C., come sostenuto da J.D. Clark (1976a) e G. Forni (1993) che individuano nell'Arabia il luogo di provenienza dell'aratro.

La mandria

Il tema della mandria è sin troppo scontato in una cultura di allevatori di bovini; così la maggior parte delle cavità dipinte dell'Eritrea possiamo dire siano dedicate a questo argomento. Sia che si tratti di pitture eseguite in uno stesso momento, piuttosto che la somma nel tempo di gruppi o di singoli animali, sulla parete dipinta è quasi sempre la mandria che ci appare. L'argomento, diffuso su ampio raggio spazio - temporale, si presenta naturalmente con numerose varianti stilistiche locali o cronologiche che in sé, molto probabilmente, contengono numerosi ed invisibili concetti che si esprimono simbolicamente o istruiscono sulle istanze pratiche e spirituali degli allevatori. Sovente in queste composizioni sono evidenziate le mammelle degli animali o sono presenti le descrizioni delle mucche che allattano il vitello.

In questo caso, per ragioni più vicine all'esigenza del confronto stilistico che altro, ho ritenuto di iden-

a b c d

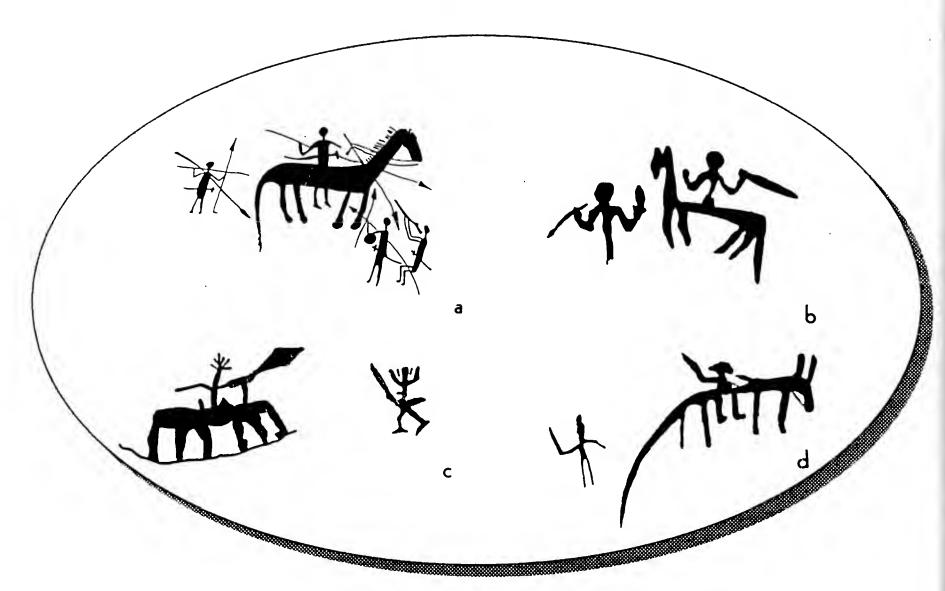



Fig. 14 - Rappresentazione tematica: «Scene di combattimento». Iconografia e confronti: a) Ba'at Afrùs II, Eritrea (da foto Franchini); b) Bardèg, Eritrea (da foto Franchini); c) Ghezà Mogunò, Eritrea (da foto Franchini); d) Ba'at Afrùs I, Eritrea (da foto Franchini).

Fig. 15 - Pitture del riparo dell'Amba Focadà, Etiopia (da Mordini, 1941).

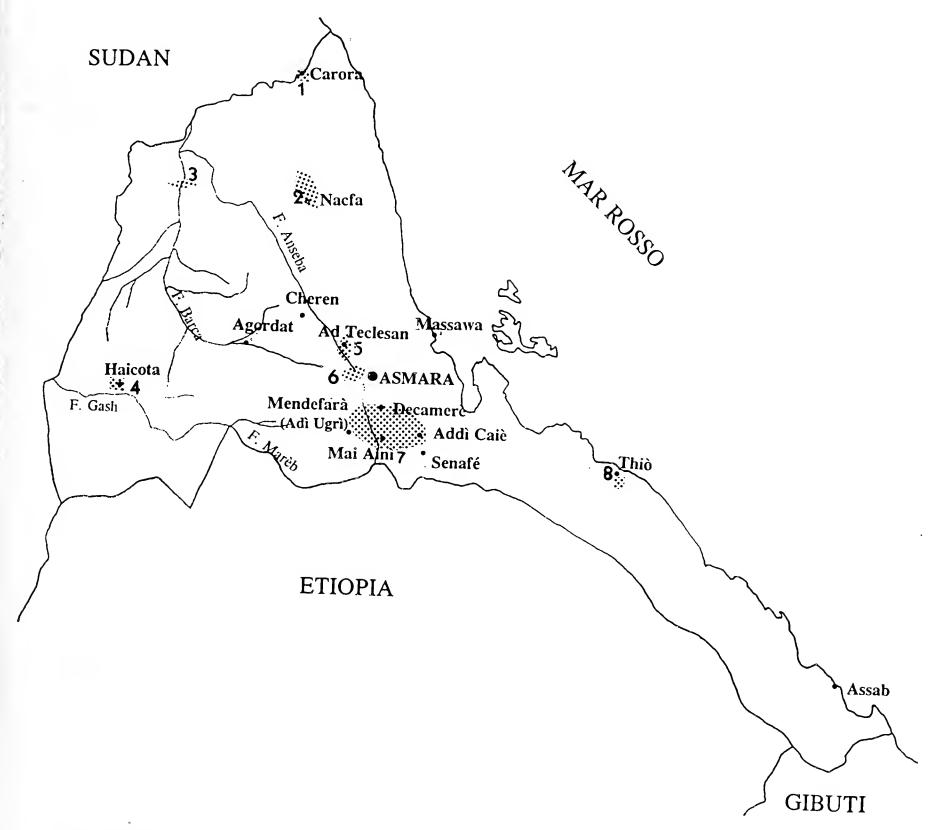



Fig. 16 – Distribuzione delle principali aree d'arte rupestre oggi conosciute in Eritrea: 1. Regione Sahel, dintorni di Carora; 2. Zona delle Rore; 3. Valle del Bárca; 4. Valle del Gash, dintorni di Haicota; 5. Regione Hamasién, dintorni di Ad Teclesan; 6. Area a sud - ovest di Asmara; 7. Area di Mai Ainì e Addì Caiè; 8. Regione Dancália.

tificare il tema della mandria con quello della composizione di bovini riconoscibile come omogenea (Fig. 13). Come esempi citerò solo quelli di Iscmelè I e II, Addì Alautì, Carora, Ba'attì Sullùm e Sullùm Ba'attì.

Scene di combattimento

Alla luce delle attuali conoscenze possiamo affermare che nell'arte rupestre preistorica e protostorica dell'Eritrea sia assente qualsiasi rappresentazione di scontro armato fra uomini o gruppi di uomini. Perlomeno ciò non appare esplicitamente in alcuna pittura o incisione. In composizioni più recenti, invece, è possibile osservare vere e proprie scene di combattimento (Fig. 14) attribuibili a tempi storici, anche non molto lontani. In queste narrazioni compare quasi sempre la figura del cavaliere in una serie di episodi che ritengo siano la descrizione figurativa di racconti orali di ampia diffusione. Le figure sono quasi sempre molto schematiche (gli animali sovente sono del tipo «a pettine») ma presentano particolari molto indicativi: si notano le selle di tipo arabo e la presenza delle briglie, mentre le armi sono sovente le spade e, in un'occasione, anche armi da fuoco (Ba'at Afrùs II).

Gli episodi che sembrano ripetersi sono: quello degli uomini a piedi che conducono i cavalli tenendoli per le briglie o una corda, all'interno di gruppi di cavalieri (forse scene di razzia) e quello del guerriero appiedato che affronta coraggiosamente un cavaliere. Alcune di queste rappresentazioni si osservano a Bardèg, Ghezà Mogunò, Sarò, Sihillò, Ba'at Afrùs I e II.

Altri soggetti, che non credo possano essere considerati temi iconografici, ma che pur compaiono con una loro peculiarità sono: la figura con le gambe divaricate, presente nel riparo di Jago con numerose variazioni, che trova confronti nelle incisioni rupestri della Penisola Araba e la figura dell'antropomorfo fantastico dagli arti sproporzionati. Questa rappresentazione,

anch'essa correlabile a figure incise nell'area araba, compare frequentemente nelle pitture rupestri dell'Eritrea, a volte con immagini che fanno pensare alla rappresentazione di spiriti o esseri fantastici. Alcuni esempi sono a Zebàn Abùr II, Addì Qansà II, Cor Sahunè, Sokuàr Emnì, Mai Dubburò, Sarò e Ba'attì Chelìt.

In vari casi, sempre di momenti piuttosto recenti, quello di evidenziare le dita delle mani e dei piedi sembra rapportarsi alle istanze di una precisa e più vecchia tradizione iconografica che troviamo anche nelle figure antropomorfe di Daarò Caulòs e Iscmelè I.

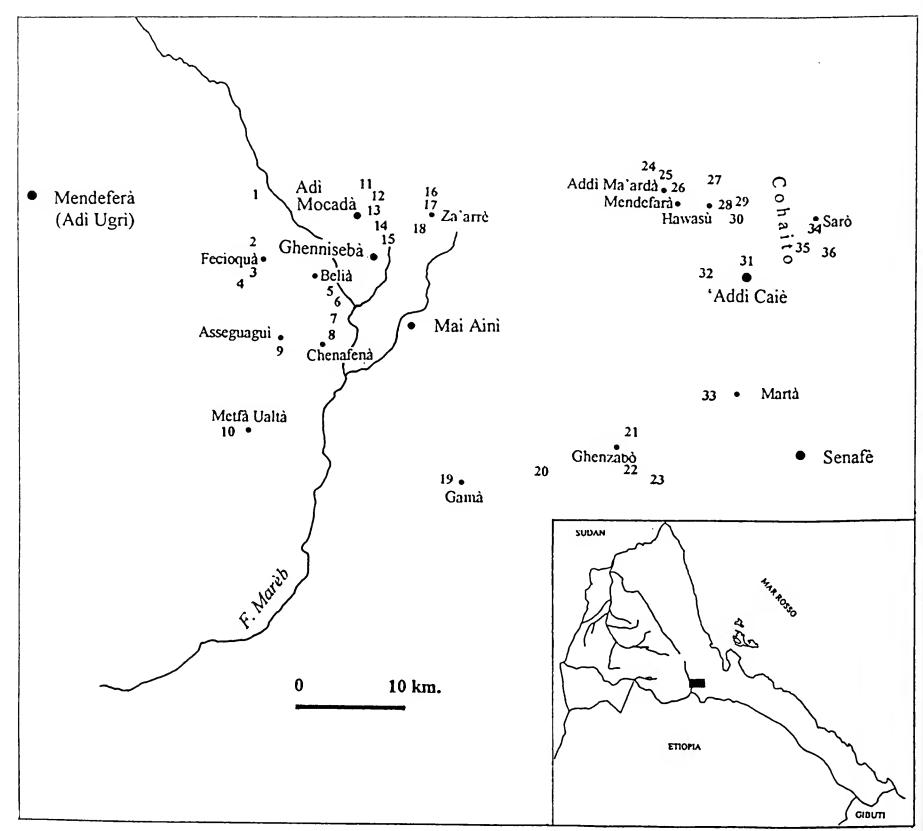



Fig. 17 – Particolare dell'area intorno a Mai Aìnì e Addì Caiè, dove si concentrano la maggior parte delle località d'arte rupestre oggi conosciute in Eritrea. Sono indicati con i numeri i siti principali: 1. Montotò; 2. Endà Abùne Teklè; 3. Lahlai Fecioquà; 4. Emba Barià; 5. Sullùm Ba'attì; 6. Mesbàr Gueibì I e II; 7. Dugum e Af Dugum; 8. Adi Anzarafò; 9. Ba'attì Meshùl; 10. Ba'attì Abba Keisì; 11. Car Saglà; 12. Addì Qansà I e II; 13. Cor Sahunè; 14. Zebàn Onà Libanòs I, II e Onà Adì Qansà; 15. Mai Qernì; 16. Ba'attì Mobquàl; 17. Soqelà; 18. Nishtò Cohò e Gobò Adi Ambar; 19. Gamà; 20. Dighim; 21. Ba'attì Sullùm; 22. Temalihè; 23. Ba'at Afrùs II; 24. Mehbà Eclì; 25. Gobò Abahà; 26. Endà Abbà Garimà I e II; 27. gruppo di Auhenè: Lahlai Ghezà, Hulùm Barèto, Meteccà Arè e Mogò; 28. Zebàn Abùr I e II; 29. Zebàn Kebesà I e II; 30. Ba'attì Dongolò e Ba'attì Onà; 31. Iscmelè I e II; 32. Emba Celai; 33. Sellìm Ba'attì e Sa'ada Ba'attì I, II e III; 34. Sarò; 35. Jago; 36. Addì Alautì - Cutub Le Galbà.

REPERTORIO DEI SITI DI ARTE RUPESTRE

CARORA - ABBA CIAKAT

Ritrovamento	1938, Lidio Cipriani.
Regione	Sahel
Riferimenti cartografici	Carta dimostrativa della Colonia Eritrea e delle regioni adiacenti, 1:400.000, foglio 2 (Nacfa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 100 ~ Circa due chilometri prima del villaggio di Carora: gruppo di rocce denominate Abba Ciakat.
Morfologia del sito	Blocchi granitici scavati dall'erosione.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colori: bianco, rosso, nero e giallastro.
Figure rappresentate	Bovini, cammelli, altre figure zoomorfe, antromorfi, cavalieri e segni schematici.
Temi identificati	La mandria; il gruppo degli uomini allineati.
Bibliografia	A. Vigliardi Micheli, 1956, pp. 193-210, figg. 1-12; P. Graziosi, 1964b, pp. 188-189, tavv.XXV, XXVIa, fig. 9; P. Graziosi, 1965, p. 55; A.R. Willcox, 1984, p. 61; R. Joussaume, 1995, p. 39, fig.16; G. Calegari, 1996, pp. 31-46, fig. 14a; V. Franchini, comunicazione personale.

Alda Vigliardi nel 1956 prendendo in considerazione il materiale fotografico in bianco e nero di Lidio Cipriani (gli appunti andarono perduti durante gli eventi bellici della seconda guerra mondiale) affrontò lo studio del complesso rupestre pubblicandolo per la prima volta. Vigliardi ritiene che, con ogni probabilità, le opere figurative presenti a Carora appartengano ad un'unica fase artistica, nella quale le differenze iconografiche siano da interpretare come «mani» di artisti diversi. L'insieme figurativo (sempre secondo Vigliardi, alla quale furono fornite precisazioni dal Cipriani) si presenta diviso in quattro gruppi o complessi, localmente distribuiti ma molto vicini tra loro (non oltre 100 metri). Le figure rappresentano principalmente bovini domestici e un certo numero di figure umane, mentre di pochi altri animali resta dubbia l'interpretazione.

Le immagini dei bovini si presentano policrome, con il manto pezzato, o monocrome; in rari casi le figure sono dipinte in rosso, con il contorno e le corna disegnate in bianco (Figg. 18 e 19). Gli animali sono resi in modo verosimile ma schematico, composti in gruppi, come raffigurazioni della mandria.

Nei quattro complessi in cui sono state divise le pitture compaiono differenze nella rappresentazione dei bovini, che sono descritti con corna viste di fronte e di differenti forme o dimensioni. A volte sono definite tutte e quattro le zampe degli animali, altre volte ne è disegnata solo una per le anteriori ed una per le posteriori, mentre il corpo può essere più rigido e rettangolare piuttosto che arrotondato e sinuoso.

Le figure umane sono strettamente associate alla mandria figurata in quello che Vigliardi chiama complesso II. Gli uomini sono rappresentati con una soluzione grafica semplice: il torace è un trapezio, la testa è «a bastoncino», le gambe e le braccia sono filiformi; in alcuni casi i personaggi sono associati ad un oggetto o segno simbolico a forma di cuore (Fig. 20).

In seguito, nel 1965, Paolo Graziosi ebbe modo di visitare con Vincenzo Franchini la località, documentandola con fotografie e rilievi più dettagliati. Viene sottolineato come le pitture, che rappresentano uomini e bovini segnalati questa volta in tre cavità, siano differenti per forma ed esecuzione. In quella centrale (quella indicata come complesso IV dalla Vigliardi), vengono messe in evidenza altre figure umane allineate, dipinte in rosso, piuttosto sbiadite (Fig. 18), che le fotografie di Cipriani non erano in grado di evidenziare (Graziosi, 1964b).

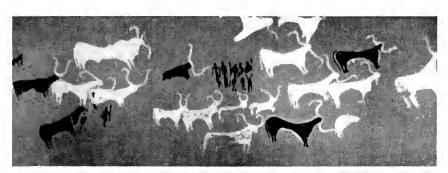



Fig. 18 - Carora - Abba Ciakat: mandria di bovini in bianco e rosso, a volte contornati, e gruppo di uomini (da Graziosi, 1964b).

Fig. 19 - Carora - Abba Ciakat: mandria di bovini pezzati (foto Franchini).

Graziosi paragona giustamente le figure di bovini (sinuosi e con lunghe corna stravaganti) presenti in questa cavità, con simili esempi figurativi presenti nell'arte rupestre etiopica, citando quelle della regione dell'Harar. Egualmente corretto ci sembra il confronto tra alcune figure di bovini presenti negli altri ripari di Carora e le pitture di Ba'attì Sullùm, nel Deghien.

Altre immagini inedite, forniteci da Franchini, ci mostrano pitture rosse più recenti: alcune sono cammelli piuttosto verosimili, altre rappresentano cavalieri e cammelli stilizzati in modo semplice e segni geometrici (Fig. 21).

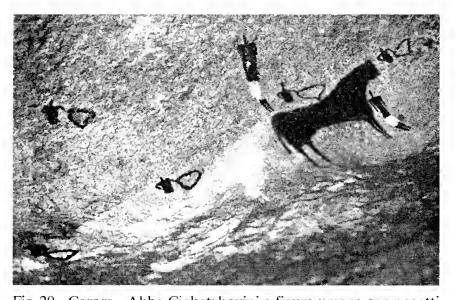



Fig. 20 - Carora - Abba Ciakat: bovini e figure umane con oggetti a forma di cuore (da Vigliardi Micheli, 1956).

Fig. 21 - Carora - Abba Ciakat: cammelli, cavalli fortemente stilizzati e segni geometrici (foto Franchini).

NAGRÀN

Ritrovamento	1903, Filippo Marazzani Visconti Terzi.
Regione	Sahel
Riferimenti cartografici	Carta dimostrativa della Colonia Eritrea e delle regioni adiacenti, 1:400.000, foglio 2 (Nacfa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	In località Nagràn, sui monti dell'Haggar Abbai.
Morfologia del sito	Rocce.

Tecnica esecutiva	Incisione.
Figure rappresentate	Antropomorfi, armati, cavalieri, cammelli ed altre figure zoomorfe.
Bibliografia	C. Conti Rossini, 1943, pp. 102-105, figg. 1-4.

La località viene indicata dal Conti Rossini sui monti dell'Haggar che segnano il confine settentrionale dell'Eritrea, verso il distretto di Suachin. Egli descrisse le incisioni rupestri presenti nel sito, desumendole da fotografie fornitegli nei primi anni del '900 dal conte Filippo Marazzani Visconti Terzi. Su alcune rocce sono incise (sembrerebbe con un tratto poco profondo) alcune figure di uomini e animali resi con disegno molto semplice e schematico.

Le figure umane, sovente itifalliche, appaiono armate di scudi rotondi e di una corta arma offensiva; sembra presente l'immagine di un cavaliere, per il resto sono raffigurati cammelli. Il Conti Rossini vi legge scene di guerra o razzia, a noi sembra di scorgere l'esibizione (quasi icona) del guerriero armato.

DEUDEU

Regione	Sahel
Riferimenti cartografici	Carta dimostrativa della Colonia Eritrea e delle regioni adiacenti, 1:400.000, foglio 2 (Nacfa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	A nord del monte Deudeu, a sud – est di Nacfa.
Morfologia del sito	Rocce.
Tecnica esecutiva	Incisione.
Figure rappresentate	Figure di difficile classificazione.
Bibliografia	C. Conti Rossini, 1922, pp. 265-266, fig.10.

Il Conti Rossini segnala nella regione delle Rore rozze figure, lunghe mediamente tra i 16 e i 22 cm, incise «su massi a Nord del monte Deudeu, che sorge a circa tre quarti d'ora a SE di Nacfa» (Conti Rossini, 1922).

I disegni pubblicati non mostrano però alcuna immagine che abbia per noi qualche significato iconografico, se non si vuole intravedere in alcune di esse, come suggerisce l'autore stesso, qualcosa che abbia una certa somiglianza con l'impronta di piedi umani. Talvolta all'interno di queste incisioni si trovano piccoli buchi disposti in file parallele che potrebbero avere a che fare con il gioco del *gãbãtá*.

ALTRI SITI SEGNALATI NELLA REGIONE DELLE RORE

Di alcune località Conti Rossini ci fornisce soltanto una segnalazione, senza precise indicazioni topografiche. In *Antiche rovine sulle Rore eritree* (1922, p. 265) ricorda la presenza su massi granitici, lungo la via da Nacfa a Uold Gan sui monti Galad, di figure tracciate «a carboncino». Le immagini sembra rappresentino uomini e cammelli.

Altri due siti sono citati sempre dal Conti Rossini nella sua *Storia d'Etiopia* (1928, p. 245, tav. LI); il primo è Danga nell'Haggar Abbai, l'altro è Ghirè nell'Haggar Nisc'. La segnalazione di queste due stazioni d'arte rupestre è accompagnata da alcuni disegni del conte Filippo Marazzani Visconti Terzi, che riproducono le incisioni presenti sulle rocce (Fig. 22). Si riconoscono immagini semplici rappresentanti cammelli, un cavaliere, un guerriero armato e segni geometrici.

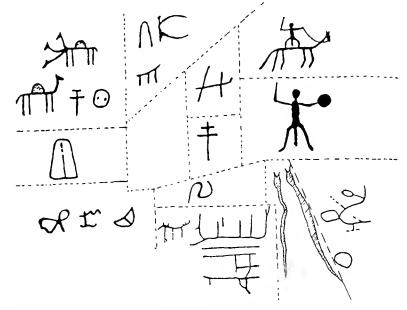



Fig. 22 - Danga e Ghirè: tavola pubblicata dal Conti Rossini con i disegni delle incisioni rupestri (da Conti Rossini, 1928).

CULLITÈ

Ritrovamento	1889, Junker.
Regione	Bárca
Riferimenti cartografici	Carta dimostrativa della Colonia Eritrea e delle regioni adiacenti, 1:400.000, foglio 1 (Basso Barca), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	In località Cullitè, nella valle del Bárca, vari chilometri a sud della confluenza con il fiume Ambacta.
Morfologia del sito	Roccia.
Tecnica esecutiva	Incisione.
Figure rappresentate	Bovini, cammelli, giraffe (?), segni schematici, antropomorfi, cavalieri e un'iscrizione.
Bibliografia	Junker, 1889, p. 87; C. Conti Rossini, 1903, pp. 139-145; G. Dainelli & O. Marinelli, 1912, p. 496; C. Conti Rossini, 1928, tav. LII.

La località, già segnalata da Junker, fu visitata dal tenente Luigi Talamonti, che ebbe modo di percorrere la Valle del Bárca da Agordat sino alla confluenza con l'Ambacta, nel giugno del 1902. Talamonti fornì gli appunti ed i disegni su quanto aveva avuto modo di rilevare nel corso di questa sua esplorazione a Carlo Conti Rossini, che li utilizzò per una pubblicazione di carattere archeologico (Conti Rossini, 1903).

Su una parete scistosa che cade a picco sulla sponda destra del fiume Bárca, sono presenti alcune incisioni. Le figure, che misurano mediamente cm 30, secondo Conti Rossini e per quanto appare dai disegni pubblicati, rappresentano buoi, cammelli, giraffe (?), uomini a cavallo e serpentiformi. Sono presenti elementi simbolico - decorativi come linee ondulate parallele, figure quadrilobate, stelle e linee curve intrecciate (Fig. 23). Un gruppo di uomini a cavallo e a piedi, che sembra sospingere davanti a sé alcuni cammelli, viene interpretato come descrizione di una razzia. Assieme alle figure è presente un'iscrizione i cui caratteri sono riconosciuti da Conti Rossini come etiopici arcaici.

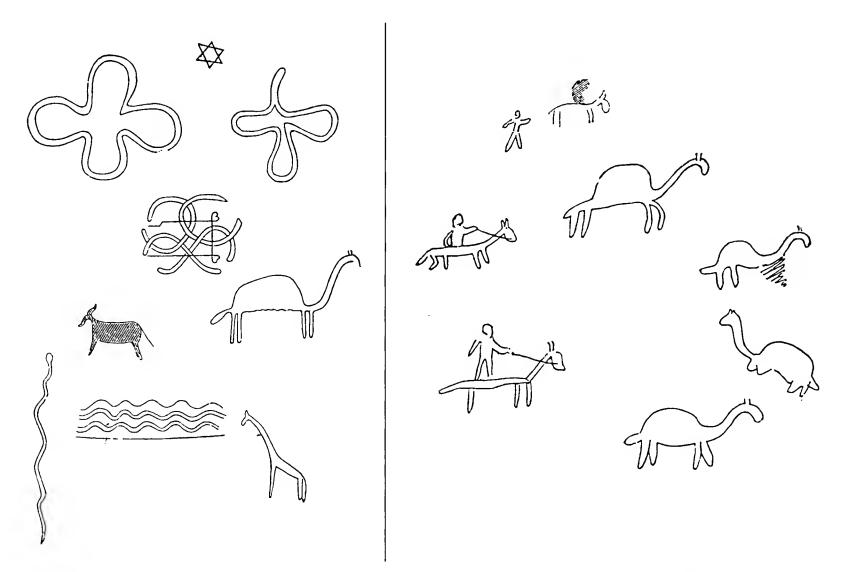



Fig. 23 - Cullitè: le figure incise nel sito secondo i disegni forniti da L. Talamonti (da Conti Rossini, 1903).

DINAÈ

Ritrovamento	1902, Luigi Talamonti.
Regione	Bárca
Riferimenti cartografici	Carta dimostrativa della Colonia Eritrea e delle regioni adiacenti, 1:400.000, foglio 1 (Basso Barca), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Nella valle del Bárca, immediatamente a valle della confluenza dell'Attai nel Bárca.
Morfologia del sito	Lastrone roccioso.
Tecnica esecutiva	Incisione.
Figure rappresentate	Cammelli, antropomorfi e cavalieri.
Bibliografia	C. Conti Rossini, 1903, pp. 146-147; G. Dainelli & O. Marinelli, 1912, p. 497; C. Conti Rossini, 1928, tav. LII.

Anche questo sito è descritto da Carlo Conti Rossini sulla base degli appunti e dei disegni fornitigli dal tenente Luigi Talamonti.

Sulla sponda sinistra del Bárca, su un lastrone di roccia scistosa, in parte immerso nelle sabbie del fiume, si trovano alcune incisioni. Le figure, come appaiono dai disegni pubblicati da Conti Rossini, sono molto semplici e rappresentano principalmente cammelli, figure antropomorfe, cavalieri e segni (Fig. 24).

Di particolare interesse l'acconciatura di un cavaliere che il Conti Rossini cita come un «re a cavallo» con la corona, paragonandola con le effigi delle monete aksumite, ma che un'acuta osservazione del Talamonti riporta al confronto con un tipo di pettinatura utilizzata ancora oggi dalla popolazione dei Beni Amer. Il Conti Rossini così segnala «una specie di breve iscrizione di quattro righe, composte ciascuna di quattro lettere: si direbbero caratteri abissini, disposti a bustrophedon» (Conti Rossini, 1903).

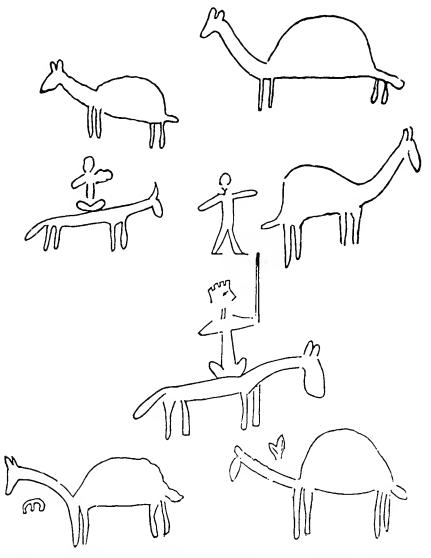



Fig. 24 - Dinaè: le figure incise nel sito secondo i disegni forniti da L. Talamonti (da Conti Rossini, 1903).

ELIT

Ritrovamento 1994, Berhane Tesfamariam e Rezenè Russom.

Regione Gash

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1857, Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche Quota: m 700 ~
Nella zona del Gash-Setit, tra Tessenei e Barentu, nei pressi del villaggio di Haicota.

Morfologia del sito Massi all'aperto e un riparo.

Tecnica esecutiva Pittura. Colori: bianco e nero.

Figure rappresentate Figure antropomorfe, zoomorfe e segni schematici.

Stato di conservazione Discreto (1994).

Bibliografia Berhane Tesfamariam, comunicazione personale.

In questa località sono state segnalate alcune pitture su grandi massi di crollo. Da alcune fotografie che mi sono state mostrate da Berhane Tesfamariam del National Museum of Eritrea ad Asmara, ho potuto osservare un insieme di figure monocrome nere e bianche. Si tratta di uomini realizzati con disegno schematizzato: alcuni si presentano con le braccia sui fianchi, mentre due personaggi sembrano abbracciati, forse in un rapporto sessuale (Fig. 25). Anche gli animali dipinti in questo sito sono di fattura molto semplice, ridotti nello schema «a pettine».

Nelle vicinanze è del pari indicato un vasto riparo dipinto con figure monocrome bianche e nere. Berhane Tesfamariam segnala, inoltre, un altro sito di arte rupestre in località Sebderat, tra il Bárca ed il Gash-Setit, al confine sudanese, di cui non ci è stata fornita altra indicazione.

Fig. 25 – Elit: particolare delle pitture; al centro una scena interpretabile come descrizione di un rapporto sessuale (foto Berhane Tesfamariam).

MEHBÀ WORQÌ - MEHBÀ GENZEB (AD TECLESAN)

Ritrovamento 1899, Carlo Conti Rossini.

Regione Hamasién

Distretto Dembesan

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1762 (Asmara), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche Lungo la strada Asmara - Cheren, a nord di Ad Teclesan, 2 chilometri dal colle Mumàt Ezum.

Morfologia del sito Masso.

Tecnica esecutiva Incisione.

Figure rappresentate Figure geometriche e segni schematici.

Bibliografia C. Conti Rossini, 1900, p. 114; G. Dainelli & O. Marinelli, 1912, pp. 501-502; C. Conti Rossini, 1928, p. 279, tav. LXV, n.209; C. Conti Rossini, 1948, p. 113; V. Franchini, 1958, p. 49.

Il nome di questa località, presso Ad Teclesan, significa letteralmente «nascondiglio dell'oro o del tesoro» ed è da porsi in relazione con la presenza di un masso inciso. Secondo il Conti Rossini questo appellativo è infatti legato alla credenza che presso antichi monumenti si celino misteriosi tesori (Conti Rossini, 1900). Il masso si trova sul ciglio della strada per Asmara, al 43° chilometro e fu rintracciato in seguito (spezzato in due) anche da Vincenzo Franchini.

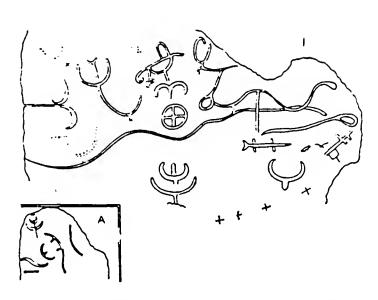
Le incisioni presenti mostrano figure lineari e serpentiformi, un cerchio inquartato, bucrani o forse figure zoomorfe molto semplificate (Fig. 26). Conti Rossini, citando altre simili rocce incise presenti nel Dembesan e nel Carnescim, riferisce di averne una decina (in forma di lastroni) nel giardino della sua casa di Asmara e di averne trasportata e conservata una piccola (Fig. 26, A) nel suo studio a Roma (Conti Rossini, 1948).

n. 209 - Pietra incisa del Dembesàn, presso Ad Teclesàn: - (A) Altra del Carnescim, di proprietà Conti Rossini (cm. 42×55).

Fig. 26 - Mebhà Worqì – Mebhà Genzeb: tavola pubblicata da C. Conti Rossini con il rilievo delle incisioni rupestri e la rispettiva didascalia. Nel riquadro piccolo si trova il rilievo della roccia conservata nel suo studio di Roma (da Conti Rossini, 1928).

QUANTEBBA

Ritrovamento 1953, Attilio Gaudio.

Regione Hamasién

Distretto Carnescim

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1762 (Asmara), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche Presso il villaggio di Quantebba, raggiungibile con la vecchia rotabile per Massawa, che si diparte dalla strada Asmara - Cheren.

Morfologia del sito Tre massi.

Tecnica esecutiva Incisione.

Figure rappresentate I masso: probabili figure zoomorfe ed antropomorfe.
II masso: probabili figure zoomorfe ed antropomorfe.
III masso: figure lineari, alcune spiraliformi.

Bibliografia A. Gaudio, 1953, pp. 45-48.

Intorno al villaggio di Quantebba, su alcuni massi distanti tra loro poche centinaia di metri, sono presenti incisioni a motivi lineari, schematizzanti figure umane o zoomorfe. Attilio Gaudio, che per primo segnala questa stazione d'arte rupestre, indica tre massi incisi: un primo di basalto (largo circa cm 80 e lungo cm 165) posto al limite settentrionale del villaggio, sull'orlo di una scarpata, su cui sono tracciate fittamente incisioni a linee piuttosto larghe. Un secondo, sempre in basalto (dalle dimensioni di cm 65 x 188),

che presenta motivi analoghi al precedente e che si trova rispetto ad esso 200 metri più a nord.

Sul terzo masso, circa 300 metri più a valle (di dimensioni di cm 100 x 112), sono incise tre figure interpretate da Gaudio come immagini fitomorfe e di un probabile aratro, riconoscibili nell'iconografia antica etiopica e collocabili cronologicamente in un momento del tutto differente da quello delle precedenti incisioni.

HAR'ÒM

Ritrovamento 1957, Vincenzo Franchini.

Regione Hamasién

Distretto Tekelè 'Aghebà

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1762 (Asmara), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche Quota: m 2270 ~
Su una collina circa un chilometro e mezzo a nord di Adi Gobrù.

Morfologia del sito Massi.

Tecnica esecutiva Incisione.

Figure rappresentate Segni schematici.

Bibliografia V. Franchini, 1958, p. 49, fig.44.

Vincenzo Franchini segnala due massi incisi in località Har'òm: il più grande, ubicato ad un chilometro e mezzo a nord di Adì Gobrù, mostra incisioni su una superficie obliqua di circa m 1,50 x 1. Le figure, a patina scura, si presentano come linee curve, probabili semplificazioni di figure zoomorfe.

Un masso più piccolo è segnalato un chilometro più a sud; in esso sono presenti incisioni dello stesso tipo, assimilabili a quelle osservabili sulle pietre incise del Dembesan e Carnescim.

KORTAMIT

Ritrovamento 1914/1915, Leo Frobenius.

Regione Hamasién

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1762 (Asmara), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche A ovest di Asmara.

Tecnica esecutiva Incisione a martellina.

Figure rappresentate Bovidi in differenti schematizzazioni e figure geometriche.

Bibliografia P. Červíček, 1976b, pp. 237-238, figg. 1-12; R. Joussaume, 1995, p. 40, fig.19.

Nel 1976 Pavel Červíček pubblicò una serie di figure incise presenti in quattro stazioni d'arte rupestre ad ovest di Asmara (Kortamit, Maji Malehèšš, Lamdrara e Dembe Wadi Mudui), documentate da Leo Frobenius che le aveva visitate nel corso di alcune missioni negli anni 1914/1915. Il materiale originale (fotografie e appunti), che si trova presso il Frobenius Institute di Francoforte, non era mai stato oggetto di pubblicazioni.

Di Kortamit Červíček illustra dodici figure dalle dimensioni varianti dai 16 ai 27 cm di altezza. Si tratta di incisioni realizzate a martellina, con contorno frastagliato; la patina è piuttosto scura.

Le immagini rivelano una direzione figurativa da forme schematiche e semplificate verso motivi geometrico - ideogrammatici, con meandri e spirali derivate dal disegno delle corna ricurve e sinuose di bovidi. Il motivo delle corna si combina in associazioni che danno origine a composizioni complesse nelle quali sembrano fondersi immagini di bucrani (Fig. 27 a, b, c). Un confronto evidente è possibile con incisioni della Repubblica di Gibuti (Joussaume, 1995, fig.26). In certi casi, secondo Červíček, alcune figure con corna a spirale sono riconducibili a immagini di ovini; non mancano, nella descrizione dell'animale, forme vicine allo schema «a pettine» (Fig. 27 d) e, tra i segni grafici, sono anche presenti forme «a tridente» (Fig. 27 e), uguali a quelle che troviamo a Ba'attì Abba Keisì, Endà Abùne Tekhlè, ecc....

A Kortamit la figura che più riconduce alla descrizione del vero è quella di un bovino, con le lunghe corna ondeggianti protese in avanti, reso con disegno convenzionale: corpo rettangolare, quadrettato dal prolungamento delle zampe allineate in parallelo, come i denti di un pettine (Fig. 27 f).

Figura completamente estranea al resto del complesso illustrato è quella estremamente geometrica di un quadrato, suddiviso in quattro quadrati, nei quali sono tracciate diagonali e mediane come raggi che convergono al centro, rimandando a figure di stelle (Fig. 27 g).

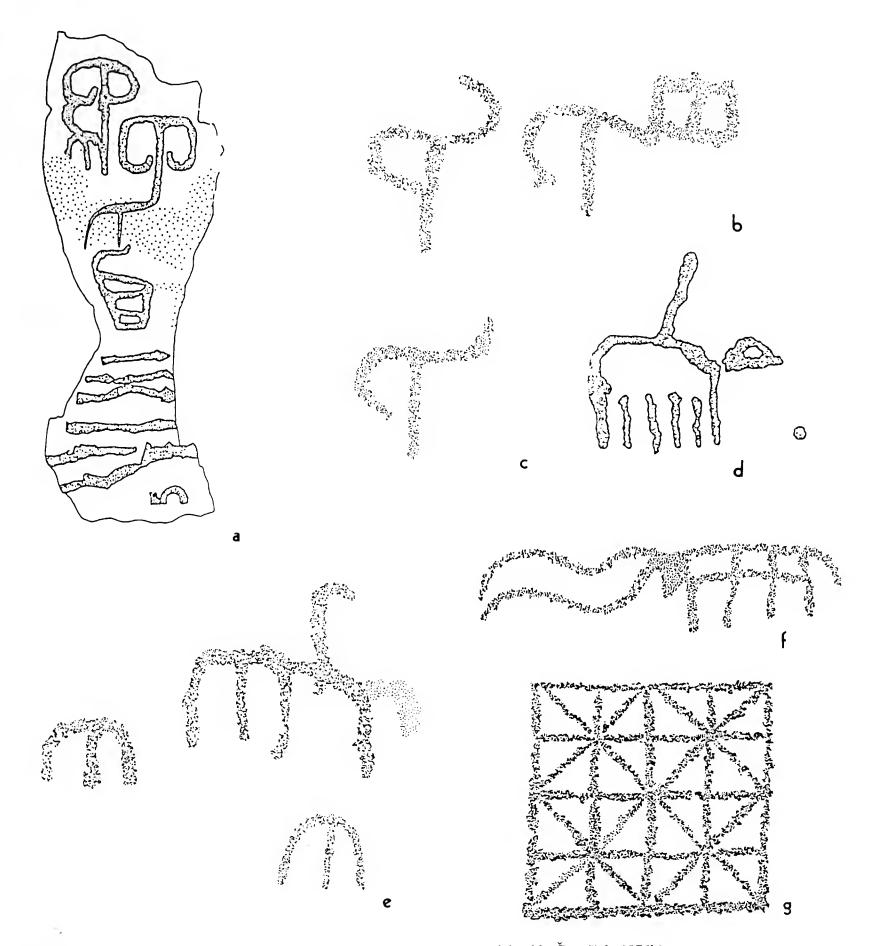



Fig. 27 - Kortamit: bovidi in differenti schematizzazioni e figure geometriche (da Červíček, 1976b).

MAJI MALEHÈŠŠ

Ritrovamento 1914/1915, Leo Frobenius.

Regione Hamasién

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1762 (Asmara), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche A ovest di Asmara.

Tecnica esecutiva Incisione a martellina.

Figure rappresentate Bovidi e figure antropomorfe (?) in differenti schematizzazioni.

Bibliografia P. Červíček, 1976b, pp. 238-239, figg. 13-18; R. Joussaume, 1995, p. 40.

Le sei figure documentate in questo sito ribadiscono quel gusto per i segni a spirale e a meandro, nei quali si riassumono le schematizzazioni della figura del bovide e forse anche della figura umana.

Queste incisioni, le cui dimensioni variano dai 26 ai 43 cm, sono state realizzate a martellina e rivelano una scelta espressiva verso segni ideogrammatici, che si ripetono puntualmente. Oltre alle forme «a tridente», si distinguono chiaramente alcuni ideogrammi la cui grafica sembra derivare dal motivo di due corna di bovino a curve contrapposte, come una S posta orizzontalmente su un tratto verticale, con una curva particolarmente accentuata a spirale rivolta in basso. È questo un segno preciso, quasi una lettera alfabetica (Fig. 28 a, b, c, d).

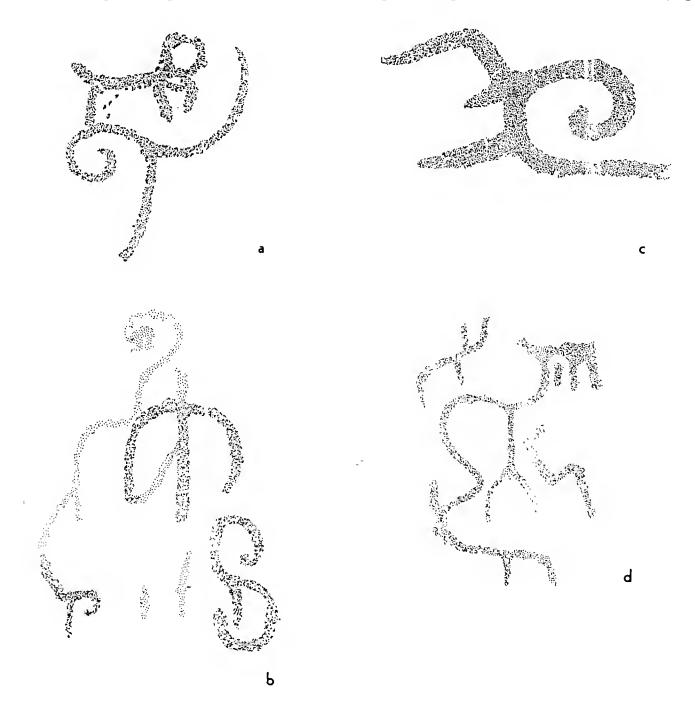



Fig. 28 - Maji Malehèšš: bovidi e antropomorfi (?) in differenti schematizzazioni e segni geometrico - ideogrammatici (da Červíček, 1976b).

LAMDRARA

Ritrovamento	1914/1915, Leo Frobenius.
Regione	Hamasién
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1762 (Asmara), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	A ovest di Asmara.
Tecnica esecutiva	Incisione a martellina.
Figure rappresentate	Figure zoomorfe e bovidi in differenti schematizzazioni.
Bibliografia	P. Červíček, 1976b, pp. 239-240, figg. 19-34; R. Joussaume, 1995, p. 40.

Le incisioni, realizzate a martellina, hanno misure varianti dai cm 11 ai 38. Anche in questo caso sono sempre le descrizioni delle corna a fornire figure ideogrammatiche, singole o riunite in composizioni figurative.

In un caso l'immagine di un bovino rappresentato verticalmente (Fig. 29 a) svela la base di partenza verso il motivo grafico a S rovesciata (Fig. 29 b, c, d, e). L'animale, la cui struttura è quella semplificata «a pettine» (con corpo a segmento retto e zampe a tratti paralleli), è dotato di corna a curve contrapposte, delle quali quella sinistra è una spirale.

Altri disegni ricordano un bucranio di ovino (Fig. 29 f), mentre altre ancora mantengono, seppure nella semplicità dell'esecuzione, i tratti «naturalistici» dell'animale. In un caso è figurato un bovino col corpo rettangolare e due corna ricurve all'indietro, inciso anche nella parte endoperimetrale (Fig. 29 h), mentre meno sicure sono le immagini interpretate da Červíček come un cammello (Fig. 29 i) ed un felino (Fig. 29 l).

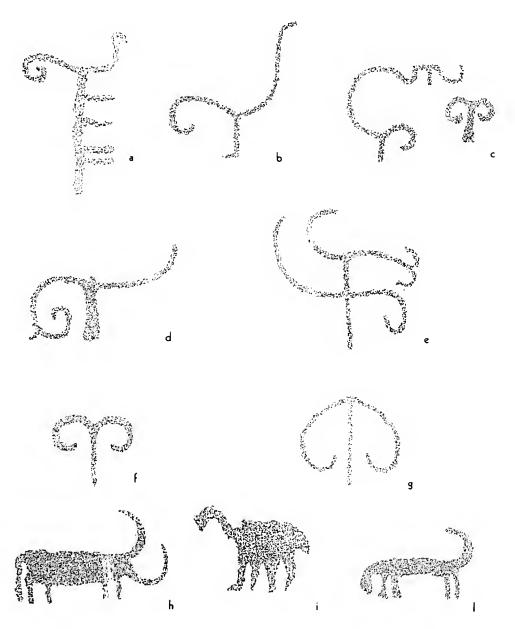



Fig. 29 - Lamdrara: bovidi in differenti schematizzazioni ed altre figure zoomorfe (da Červíček, 1976b).

DEMBE WADI MUDUI

Ritrovamento	1914/1915, Leo Frobenius.
Regione	Hamasién
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1762 (Asmara), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	A ovest di Asmara.
Morfologia del sito	Lastra rocciosa.
Tecnica esecutiva	Incisione a martellina.
Figure rappresentate	Bovidi in differenti schematizzazioni.
Bibliografia	P. Červíček, 1976b, p. 240, figg. 35-36; R. Joussaume, 1995, p. 40.

Di questa località possediamo tre figure incise a martellina, presenti su di una lastra dalle dimensioni di cm 150 x 116. Le prime due, accostate e speculari, sono quel motivo a S rovesciata con un'asta mediana ortogonale presente anche nelle altre stazioni di Kortamit, Maji Malehèšš e Lamdrara, che ho qualificato come preciso segno ideogrammatico (Fig. 30 a).

L'altra figura è chiaramente quella del *Bos t. prim. indicus*, descritto con un disegno molto grossolano e semplificato «a pettine» (Fig. 30 b).

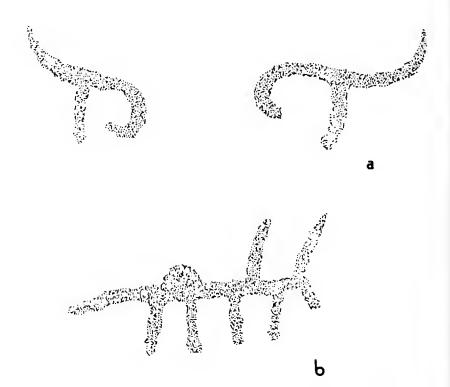



Fig. 30 - Dembe Wadi Mudui: bovidi in differenti schematizzazioni (da Červíček, 1976b).

DAARÒ CAULÒS

visitato dal Centro Studi Archeologia Africana nel novembre 1993

Ritrovamento	1907, R. Paribeni.
Regione	Hamasién
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1862 (Debaroà), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Presso il villaggio di Daarò Caulòs, poco meno di 9 chilometri a sud di Asmara.
Morfologia del sito	Cavità.
Tecnica esecutiva	Bassorilievo.
Figure rappresentate	Figure antropomorfe.

Temi identificati Il gruppo degli uomini allineati.

Stato di conservazione Scadente (1993). Cause di degrado: interventi antropici (lesioni e stacchi intenzionali della roccia scolpita).

Bibliografia C. Conti Rossini, 1928, p. 108, tav. XXIII; Consociazione Turistica Italiana, 1938, p. 209; R. Fattovich, 1983, pp. 241-247, figg. 1-5; G. Tringali, 1990, pp. 167-169, figg. 1-9; G. Calegari, Tajedim Nuredaim Yusuf & Berhane Tesfamariam, 1993, pp. 47-52, fig.1; G. Calegari, 1994a, p. 121; G. Calegari, 1996, pp. 31-46, figg. 3-4.

In una piccola valle presso il villaggio di Daarò Caulòs, vicino ad una sorgente d'«acqua santa», si apre una grotta che la tradizione vuole fosse abitata anticamente da un santo eremita. La cavità, che penetra nella roccia per circa 30 metri, si apre al suo esterno con un lungo riparo alto circa 2 metri. Sotto questo riparo, all'entrata della grotta vera e propria (sulla sinistra guardando la cavità), è scolpita in bassorilievo una composizione a figure antropomorfe. Già conosciuto e pubblicato da Conti Rossini, il rilievo di Daarò Caulòs si poneva come un misterioso *unicum* nella tradizione dell'arte rupestre eritrea.

Il bassorilievo, gravemente e volontariamente danneggiato da ignoti nei primi anni '60 (Tringali, 1990), fu visitato da Rodolfo Fattovich e fatto oggetto di una interessante e approfondita pubblicazione (Fattovich, 1983).

Fig. 31 - Daarò Caulòs: particolare di un gruppo di figure (foto Calegari).

Nel corso della missione del novembre 1993 in Eritrea, l'équipe del Centro Studi Archeologia Africana ebbe modo di visitare la grotta di Daarò Caulòs e di documentare l'attuale stato delle opere d'arte rupestre. Dalle illustrazioni e descrizioni di Conti Rossini possiamo rilevare che il fregio era composto da almeno venti personaggi, visti di fronte, allineati orizzontalmente su due file parallele sovrapposte. Le figure, che in seguito subirono i danni maggiori, sono quelle nella parte alta a sinistra, che furono quasi completamente cancellate. Ancora abbastanza integra è invece la parte destra del fregio; complessivamente si possono osservare almeno sei figure abbastanza ben conservate, mentre di una decina di personaggi restano solo frammenti parziali (Fig. 188).

La tecnica esecutiva con la quale furono realizzate le figure, anche se qui piuttosto grossolana, è quella del bassorilievo. Le immagini sono state infatti rese aggettanti con il ribassamento del piano intorno ad esse: una tecnica semplice che ha però permesso di lavorare sulla loro sporgenza, sottolineando la forma plastica e rendendo il senso del volume dei corpi.

Le figure, anche se nessuna di esse è integra, hanno altezze che mediamente si aggirano intorno ai 40-50 cm, mentre alcune hanno misure decisamente minori.

Il fregio, come meglio appare dalle immagini di Conti Rossini che ce lo mostrano prima del danneggiamento (Conti Rossini, 1928, tav. XXIII), era composto da un accostamento di figure di differenti dimensioni, tra le quali sembra poter enucleare triadi formate da una figura piccola in mezzo a due figure maggiori (Fig. 31). Di fatto le differenti dimensioni, come la reciproca collocazione degli antropomorfi scolpiti a Daarò Caulòs non offrono elementi sufficienti per comprendere il reale significato del fregio. Impenetrabili si presentano del resto le stesse singole figure, senza alcun attributo che le qualifichi o ce ne riveli il sesso o lo *status*.

I personaggi si mostrano come puri antropomorfi, non lasciano scorgere i loro caratteri sessuali ma neppure il loro abbigliamento. Nella sua visita al bassorilievo Fattovich aveva osservato a proposito delle figure «...la presenza sulla parte inferiore del tronco di alcune di una larga appendice interpretabile come rappresentazione del fallo oppure di una coda posticcia» (Fattovich, 1983, p. 242); ciò non è stato però da me riscontrato nel corso delle mie osservazioni, a causa forse di ulteriori danneggiamenti sopravvenuti in questi ultimi anni (la grotta era stata adibita a deposito di munizioni durante il conflitto di liberazione del Paese).

Le figure mancano del resto di qualsiasi definizione fisiognomica: i loro volti, anche se molto rovinati, non lasciano intendere di avere mai posseduto particolari caratterizzazioni o tratti marcati. Per contro, molte figure paiono avere delle vistose «acconciature» ad aureola, con trecce ai lati del capo (Fig. 32); unico particolare, questo, che è attualmente possibile osservare sulle figure.

Del resto i soggetti, pur con qualche minima variazione, presentano la medesima iconografia e sono posti, quasi moduli identici nella forma, a comporre il pannello scolpito secondo accostamenti a noi ignoti. Singolarmente il personaggio tipo di Daarò Caulòs è figurato frontalmente, ha la vita stretta ed i fianchi larghi arrotondati come le spalle; le braccia, corte, pendono rigide lungo il suo corpo e le mani, aperte, sono chiaramente tratteggiate. Le gambe, ben separate da un largo solco, sono robuste ed i piedi, ove si scorgono, si presentano con le dita indicate. La testa, evidenziata e tondeggiante è, come si è detto, adornata con acconciature.

Complessivamente le figure antropomorfe di Daarò Caulòs suggeriscono un senso di immobilità che contribuisce a conferire loro quella dimensione ieratica che decisamente non sfugge all'osservatore. Il tema dei personaggi antropomorfi, accostati in questo genere di composizione e ritenuto fino a non molto tempo fa unico a Daarò Caulòs, sembra, alla luce di nuove scoperte e considerazioni, un motivo importante e ben presente nell'iconografia dell'arte rupestre eritrea, come attestano il bassorilievo di Ba'attì Mariam e le pitture di Iscmelè I (Calegari, 1996).

Va ricordato che Tringali durante la sua prima visita alla grotta rinvenne in superficie alcuni «microliti di ossidiana e raschiatoi di quarzite» (Tringali, 1990).

Fig. 32 - Daarò Caulòs: particolare di una figura antropomorfa (foto Calegari).

BA'ATTÌ MARIAM

visitato dal Centro Studi Archeologia Africana nel novembre 1993, agosto 1994 e gennaio 1995

Ritrovamento	1993, Centro Studi Archeologia Africana e National Museum of Eritrea.
Regione	Hamasién
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1862 (Debaroà), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Presso il villaggio di Bardà, a sud - ovest di Asmara.
Morfologia del sito	Parete in argillite.
Tecnica esecutiva	Bassorilievo.
Figure rappresentate	Figure antropomorfe.
Temi identificati	Il gruppo degli uomini allineati.
Stato di conservazione	Disomogeneo: da buono a scadente (1995). Cause di degrado: azione degli agenti atmosferici e interventi antropici.

Bibliografia G. Calegari, Tajedim Nuredaim Yusuf & Berhane Tesfamariam, 1993, pp. 47-52, figg. 2-3; G. Calegari, 1994a, pp. 121-122, figg. 1-2; G. Calegari, 1996, pp. 31-46, figg. 1-2.

Il sito, che si trova in prossimità del villaggio di Bardà, 23 chilometri a sud - ovest di Asmara, fu documentato nel novembre 1993, nel corso della prima missione di studio sull'arte rupestre dell'Eritrea realizzata dal Centro Studi Archeologia Africana.

Si tratta di un riparo protetto da un minimo aggetto della roccia, alla base di una scarpata alta una decina di metri che si affaccia ad anfiteatro sul lago - diga Mai Nefhi. La località, chiamata Ba'attì Mariam, è cara alla devozione della gente del luogo per un interessante bassorilievo, le cui raffigurazioni sono rapportate dai devoti all'iconografia cristiana. Si tratta di un vero e proprio bassorilievo, nel quale il volume delle figure è stato reso ribassando intorno al loro profilo una larga fascia della superficie rocciosa (Fig. 189).

Le immagini scolpite a Ba'attì Mariam sono esclusivamente figure antropomorfe e si presentano in posizione frontale, allineate orizzontalmente (Fig. 33). Tranne una piuttosto consumata, che si trova isolata e più in alto a circa 5 m sulla destra del gruppo principale, le altre figure sono poste a livello dell'attuale piano di calpestio, parzialmente ricoperte nella loro parte inferiore da sedimenti terrosi (Fig. 34).

Le sculture, che hanno dimensioni variabili sino ad un'altezza di 40 - 45 cm, si presentano nel complesso sciupate, vuoi dal dilavamento che ne ha quasi «sciolte» alcune (il supporto roccioso è l'argillite), vuoi dall'intervento umano dei devoti che nel tempo hanno grattato le immagini, per asportarvi piccole quantità di roccia da ingerire o portare sul corpo a scopo curativo o profilattico.

Nel complesso è attualmente possibile scorgere con certezza sedici personaggi figurati sulla parete. La tecnica d'esecuzione e la resa figurativa sono decisamente omogenee: gli antropomorfi hanno teste grandi e arrotondate, le braccia un poco allargate pendono lungo il corpo, mentre vita e torace sottili mettono in evidenza la curva delle spalle e dei larghi fianchi. Le gambe (molte sono interrate nei sedimenti) sono strette e separate tra loro da un semplice solco.

L'attuale condizione delle figure non lascia trasparire alcuna definizione fisiognomica che le caratterizzi, così come manca qualsiasi altro attributo (armi, oggetti, abbigliamento) che possa fornire indicazioni sul sesso o lo *status* dei personaggi effigiati. Solo su due figure all'estrema sinistra parrebbe di intravedere una sorta di acconciatura (Fig. 35), per il resto le differenti misure e collocazioni dei singoli soggetti non ci offrono alcuno spiraglio per accedere alla dimensione narrativa o al significato esoterico espresso da questa composizione. È possibile osservare, quasi al centro del fregio nel punto meglio conservato, una figura che in parte ne copre un'altra, come a voler dare un senso di profondità (Fig. 190).

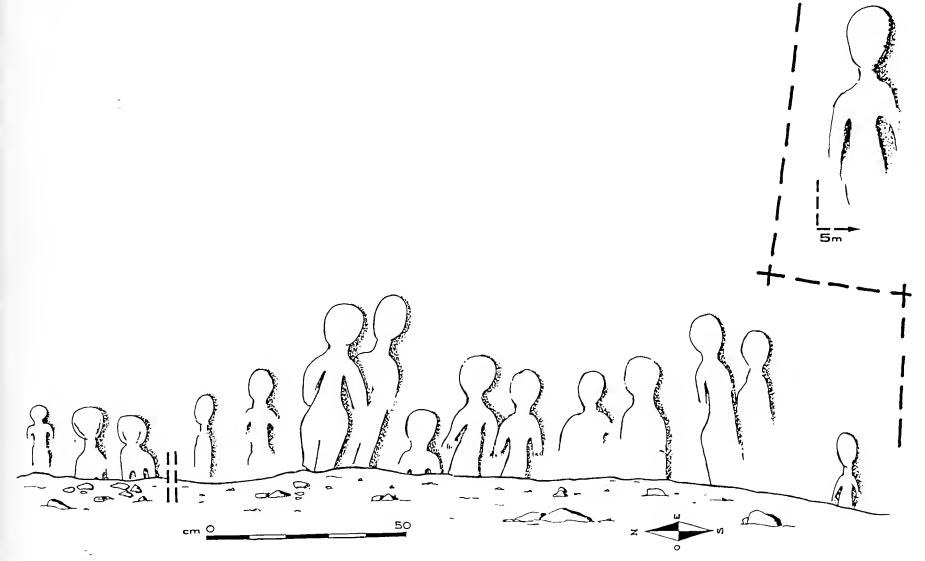



Fig. 33 - Ba'attì Mariam: schizzo d'insieme delle figure (disegno Calegari).

Fig. 34 - Ba'attì Mariam: particolare del bassorilievo. Le figure proseguono sotto i sedimenti che le ricoprono parzialmente (foto Calegari).

Fig. 35 - Ba'attì Mariam: particolare del bassorilievo con figure che sembrano portare un'acconciatura (foto Calegari).

Il bassorilievo di Ba'attì Mariam è nel suo complesso rapportabile, per tematica e tecnica esecutiva, a quello ben noto di Daarò Caulòs, dal quale non dista, in linea d'aria, che una decina di chilometri. In ambo i casi poi, le opere d'arte rupestre sono legate nella loro attuale identità a luoghi di venerazione. Ricorderò la bella leggenda su Ba'attì Mariam che circola nel villaggio di Bardà e che qui riporto come mi è stata raccontata da Fesseha-Tsion Tedla, di 74 anni, abitante di Bardà e gentilmente tradottami da Yoseph Libsekal. «*Ho sentito questa leggenda da un mio antenato. Durante la guerra* (non sa esattamente quale guerra, n.d.a.), *il paese fu invaso dal nemico. Così i nostri antenati furono costretti a nascondere il* Tabot (tavoletta d'altare in legno con scolpita l'effigie del Santo a cui la chiesa è dedicata, n.d.a.) *in un luogo segreto. Dopo la guerra, la gente, i nostri antenati, iniziarono invano la ricerca del* Tabot *che avevano nascosto. Essi furono incapaci di trovarlo e si disperarono. Un giorno, videro una colomba uscire da un riparo nella roccia* (dove si trova il bassorilievo, n.d.a.), *teneva nel becco un filo del tessuto usato per coprire il* Tabot. *Così furono capaci di identificare il luogo segreto dove per molto tempo era stato nascosto l'oggetto sacro. Lo portarono allo scoperto e lo misero nella chiesa che ne era stata privata per tanti anni*». Alla richiesta di cosa rappresentasse il bassorilievo e quando fosse stato realizzato, l'informatore ha risposto: «*La gente crede che siano gli Angeli e Santa Maria, ma non si sa come e quando furono scolpiti*».

I personaggi effigiati a Ba'attì Mariam sembrano voler rappresentare il gruppo degli uomini allineati, il visibile e l'invisibile di una società. La stessa loro descrizione schematica ed astratta pare voler rivelare la presenza della figura antropomorfa nel modo più sintetico possibile, senza orpelli o gesti che turbino l'immobile ieraticità dell'apparizione. Io li ho definiti «testimoni impassibili». Essi parlano una lingua forte attraverso un preciso codice descrittivo che rende peculiare la loro iconografia e ci permette di accostare, come espressione dello stesso tema, le composizioni scolpite di Ba'attì Mariam, Daarò Caulòs e quella dipinta a Iscmelè I.

MONTOTÒ

Ritrovamento	1961, Vincenzo Franchini.
Regione	Seraè
Distretto	Temezzà
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1962 (Godofelassi), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche	Quota: m 1700 ~ Circa 4 chilometri ad ovest della confluenza del Marèb col Mai Dahrò.
Morfologia del sito	Due cavità sovrapposte.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colori: rosso, nero e bianco.
Figure rappresentate	Parte inferiore: figure zoomorfe, soprattutto cavalli, antropomorfi e cavalieri. Parte superiore: figure zoomorfe e antropomorfe.
Stato di conservazione	Discreto (anni '60).
Bibliografia	V. Franchini, 1969, p. 87; V. Franchini, appunti personali.

«È il dosso a sud di Caieh Addi, che si erge con un'alta parete verso est, sulla piana del Mai Dahrò digradante al Marèb. Nella porzione sud della parete, a circa 3/4 della sua altezza, là ove essa diviene verticale, si apre un'ampia e profonda grotta a due piani, di cui quello superiore più vasto e profondo». (Franchini, appunti personali). Franchini ci riferisce, inoltre, che questa cavità è punto di riferimento religioso per i monaci di Debrì Abùna Jonàs e di Enda Johannes, che ogni Quaresima si ritirano in essa a digiunare. Luogo investito dunque anche ai nostri giorni di particolare sacralità.

Delle due cavità sovrapposte, quella inferiore presenta, a sinistra e verso l'esterno, una serie di figure dipinte principalmente in rosso e, più raramente, in nero e bianco. Si tratta, nel caso di quelle più leggibili, di figure zoomorfe (prevalentemente cavalli) e di uomini, rese in modo molto semplice.

Gli animali sono disegnati con lo schema «a pettine», ma non mancano soluzioni interessanti: nella resa della testa, ad esempio, dove un tratto curvo traccia la mandibola lasciando uno spazio vuoto a indicare l'occhio. In alcuni casi il treno posteriore dell'animale è reso con due S parallele, come per evidenziare la curva dei glutei. Le code appaiono lunghissime, a volte attraversate da un segmento, quasi fosse figurato un aratro (Figg. 36 e 191). Gli uomini sono disegnati anch'essi in modo molto semplificato e stereotipo, anche se, tutto sommato, ognuno si presenta con una sua propria postura. I personaggi, in quello che sembra essere un «pannello» narrativo omogeneo, appaiono appiedati nell'atto di condurre i cavalli tenendoli per le briglie o per una breve corda. Altre figure (bianche e nere) sembrano sempre rappresentare cavalieri e antropomorfi schematici e si scorgono, più sbiadite, alcune immagini rosse che raffigurano bovini con un corpo rettangolare (Fig. 191).

La grotta superiore, cui si accede con una scala ricavata da un tronco d'albero, è più vasta e presenta resti di muri che, al pari del soffitto annerito e incrostato dal fumo, indicano che l'ambiente è stato frequentato e usato come ricovero sino a tempi attuali. In questa cavità Vincenzo Franchini ci segnala, a destra verso l'esterno, la figura di un cammello «...di rozzo stile naturalista, in rosso» e altre figure poco chiare. Sono presenti anche bovini gibbuti, dipinti in rosso e contornati di bianco, come a Ba'attì Meshùl.

Fig. 36 - Montotò, grotta inferiore: gruppo di uomini e cavalli (foto Franchini).

ENDÀ ABÙNE TEKHLÈ

visitato dal Centro Studi Archeologia Africana nel gennaio 1995

Ritrovamento	1962, Vincenzo Franchini.
Regione	Seraè
Distretto	Temezzà
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1962 (Godofelassi), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 1700 ~ Circa un chilometro a nord - ovest di Fecioquà.
Morfologia del sito	Cavità nell'arenaria.
Tecnica esecutiva	Incisione a martellina e a solco continuo.
Figure rappresentate	Segni schematici e figure geometriche.
Stato di conservazione	Ottimo (1995).
Bibliografia	V. Franchini, 1964b, p. 98, fig.9; V. Franchini, appunti personali.

Nelle vicinanze di Fecioquà, in un luogo conosciuto soprattutto per la presenza di «acqua santa», vi è una cavità con incisioni rupestri. Si tratta di una vera e propria grotta, con un corridoio che penetra per qualche metro nel banco di arenaria. Le incisioni sono all'ingresso, sulla parete destra rispetto a chi entra. Le figure sono state realizzate prevalentemente a martellina o, più raramente, per levigatura (a solco continuo). Si tratta di raffigurazioni fortemente schematizzate, la maggior parte delle quali appartiene a quel genere che è presente anche a Mezab Alabù, Ba'attì Abba Keisì e Mesbàr Gueibì, costituite da un semicerchio attraversato da un segmento.

In questa occasione però, le immagini sono particolarmente curate nell'esecuzione e presentano nel disegno varianti iconografiche degne di attenzione (Fig. 192). In certi casi le tipiche figure «a tridente» sembrano chiudersi, come un cerchio attraversato dal diametro; in altri si presentano con due o più segmenti centrali, con forme che potremmo definire «a pettine curvo» (Fig. 37). Una figura a sinistra sembra tradire la sua origine zoomorfa, mentre altre nella parte bassa sembrano copie più «fruste», probabilmente anche più recenti, eseguite a solco continuo con disegno meno morbido, più rettilineo e con segni che ricordano lettere alfabetiche.

Nel complesso queste immagini presentano una forte carica evocativa espressa con un linguaggio che non utilizza le forme del verosimile; un linguaggio che chiede al segno di significare. Queste incisioni non rappresentano solo l'estrema schematizzazione di figure «naturalistiche», delle quali potremmo trovare il modello iniziale, sono bensì dei veri ideogrammi, probabilmente figure sincretiche con richiami a molteplici significati. Sarebbe riduttivo ricondurre queste straordinarie immagini a schematizzazioni di bovini, antropomorfi o bucrani, perché forse sono tutto ciò messo assieme e non solo. Del resto, l'occasione per avvicinarci e comprendere il senso di questo linguaggio non dovrebbe mancare alla nostra cultura contemporanea che ha saputo esprimersi, attraverso alcune correnti dell'astrattismo e della «pittura segnica», con proposte (almeno esteticamente) molto simili a quelle degli artisti di Endà Abùne Tekhlè.

Fig. 37 - Endà Abùne Tekhlè: segni «ideogrammatici» (foto Calegari).

LAHLAI FECIOQUÀ

Ritrovamento	1962, Vincenzo Franchini.
Regione	Seraè
Distretto	Temezzà
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1962 (Godofelassi), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 1760 ~ Nei dintorni del villaggio di Fecioquà.
Morfologia del sito	Cavità nell'arenaria.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colore: violaceo, rosso e nero. Incisione.
Figure rappresentate	Pittura: bovini e antropomorfi. Incisione: bovini e segni schematici.
Bibliografia	V. Franchini, 1964b, p. 98, fig.7; P. Graziosi, 1964a, fig.3; V. Franchini, 1969, p. 88; V. Franchini, appunti personali.

Vincenzo Franchini segnala, nei dintorni del villaggio di Fecioquà, la presenza di pitture e «graffiti» rupestri, ponendo in particolare l'attenzione su due siti.

La prima cavità, denominata Lahlai Fecioquà, è sita poco più di un chilometro a sud - ovest del villaggio ed è lunga circa m 20 e alta mediamente m 6. In essa Franchini descrive alcune pitture di bovini e probabili antropomorfi stilizzati dipinti con ocra rossa e violacea. Egli riconosce nelle figure dei bovini due momenti differenti. Tra le pitture è anche presente, in nero, una figura antropomorfa stilizzata e molto allungata, il cui corpo si presenta attraversato da numerosi trattini orizzontali (Fig. 38). Di quest'ultima figura Graziosi riporta un disegno in un suo lavoro di confronto tra figure schematiche dell'arte rupestre (Graziosi, 1964a). Nella stessa cavità sono altresì presenti due incisioni rappresentanti bovini; l'uno, più in basso, ha corpo rettangolare e presenta delle lunghe corna, l'altro ha il collo allungato e, allo stato attuale, non lascia intravedere le corna e la coda (Fig. 39).

Fig. 38 - Lahlai Fecioquà: antropomorfi schematizzati (da Graziosi, 1964a).

Fig. 39 - Lahlai Fecioquà: due bovini incisi (foto Franchini).

Circa un chilometro ad ovest di Fecioquà è segnalata da Franchini una parete di roccia allo scoperto con l'incisione di due bovidi e di alcuni altri segni, tra i quali quello ad E rovesciata o «a tridente» (Franchini, 1964b, p. 98, fig. 8).

EMBA BARIÀ

Ritrovamento	1963, Vincenzo Franchini.
Regione	Seraè
Distretto	Temezzà
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1962 (Godofelassi), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 1750 ~ Circa 2 chilometri a sud - ovest del villaggio di Fecioquà, sul lato destro del vallone che scende da nord.
Morfologia del sito	Cavità nell'arenaria.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colore: rosso.
Figure rappresentate	Figure antropomorfe e zoomorfe, soprattutto bovini, iene o canidi e un felino (?).
Stato di conservazione	Discreto con lacune (anni '60). Cause di degrado: esfogliazione della superficie rocciosa e azione degli agenti atmosferici.
Bibliografia	V. Franchini, 1964b, pp. 98-99, figg. 10-11; P. Graziosi, 1964a, pp. 268-270, fig.3; V. Franchini, 1969, p. 88; V. Franchini, appunti personali.

Fig. 40 – Emba Barià: figure umane «ancoriformi», bovini, una probabile iena e segni geometrizzanti (foto Franchini).

Fig. 41 – Emba Barià: figure umane «ancoriformi» e animali interpretabili come predatori (foto Franchini).

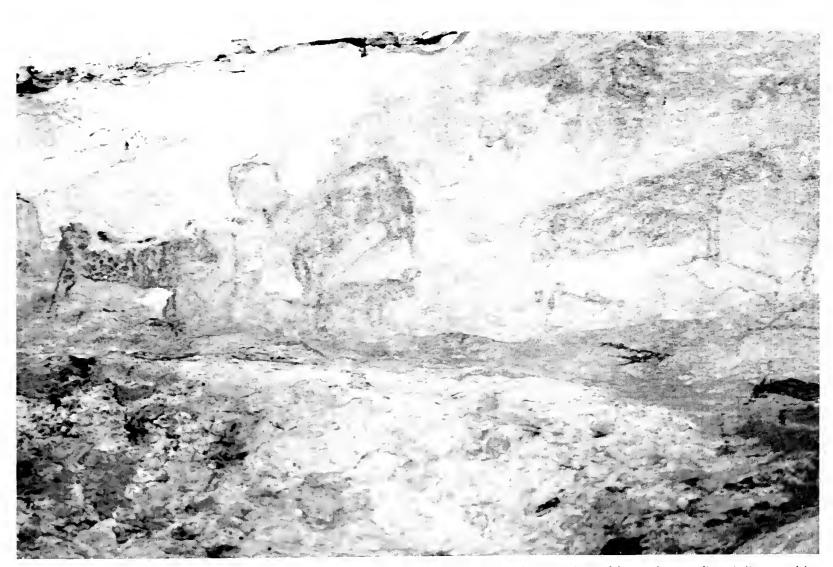



Fig. 42 – Emba Barià: figure zoomorfe; il primo a sinistra, le cui zampe anteriori sembrerebbero dotate di artigli, potrebbe essere un leopardo (foto Franchini).

La cavità prende il nome dal dosso di Emba Barià, che la ospita ad una quarantina di metri sopra la sua base orientale. Essa si apre in una parete di arenaria, è lunga circa m 25, profonda mediamente m 3 ed ha un'altezza variabile da 1 a 4 metri (Franchini, appunti personali).

Le pitture, di colore rosso tendente al marrone, sono poste nella parte centrale della parete della cavità, in una fascia di poco più di m 3 e alta circa cm 60. Le immagini si presentano sbiadite ma è possibile cogliere sovrapposizioni e tracce di pitture più antiche.

Alcune figure sono dipinte a solo contorno, a volte riempite con punteggiature; in altri casi le figure sono a colore pieno. Vi sono raffigurati numerosi bovini, ma non vi è alcuna descrizione del bue con la gobba (Fig. 40). Gli antropomorfi, molto schematici, secondo un codice iconografico presente nella regione sono del tipo «ancoriforme»: un segmento verticale per il corpo (a volte ingrossato con un tondo a una o alle due estremità, come a indicare il capo o il sesso) è intersecato a diverse altezze da due trattini, curvi verso il basso, che rappresentano braccia e gambe (Figg. 40 e 41). Altri animali, che l'artista ha saputo rappresentare con una tensione dinamica che ce li fa apparire come protesi in avanti, rappresentano dei predatori. La coda alzata, come nello scatto, ed una certa somiglianza con altri esempi figurati a Sullùm Ba'attì, mi fa pensare si tratti di iene o altri canidi e in alcuni casi forse di leopardi (Figg. 40 e 42). Una figura, con la coda più lunga, potrebbe essere un felino, mentre altre meno caratterizzate sono di difficile identificazione (Fig. 42).

MEZAB ALABÙ

Ritrovamento	1963, Vincenzo Franchini.
Regione	Seraè
Distretto	Temezzà
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1962 (Godofelassi), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Vicino a Emba Barià.
Morfologia del sito	Riparo.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colore: rosso.
Figure rappresentate	Segni schematici.
Bibliografia	P. Graziosi, 1964a, p. 270, fig. 4.

Il sito viene descritto come un piccolo riparo nel quale sono presenti figure schematiche di difficile interpretazione. Tra queste vi è un gruppo di sei figure «a tridente» o a E rovesciata, costituite da un semicerchio intersecato nel mezzo da un tratto diretto al centro (Fig. 43). Anche in questo caso Graziosi suggerisce confronti tra le raffigurazioni identificate in Eritrea ed altre simili presenti nella pittura aziliana e nell'arte rupestre schematica della penisola iberica (Graziosi, 1964a), ma naturalmente si tratta di punti di convergenza.

Fig. 43 - Mezab Alabù: segni «a tridente» dipinti in rosso (da Graziosi, 1964a).

ENDA GHEHÈ (ADÌ BELIÀ)

Ritrovamento	Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Tedrer
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Sotto il villaggio di Adì Belià.
Morfologia del sito	Cavità.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colori: rosso e nero.
Figure rappresentate	Figure zoomorfe, cavalieri e segni schematici.
Bibliografia	Inedita. V. Franchini, appunti personali.

Di questa località inedita abbiamo solo una breve segnalazione dovuta a Vincenzo Franchini, che così la descrive nei suoi appunti: «Cavità sita poco a sud di Adì Belià, ai piedi del costone sul quale è il villaggio. Vi sono numerose pitture in rosso e nero, schematizzate e sbiadite. Vi si riconoscono due cavalieri, e animali» (Fig. 44).

Fig. 44 – Enda Ghehè: cavaliere e figura schematica (foto Franchini).

SOKUÀR EMNÌ

Ritrovamento	1958, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Tedrer
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Circa 3 chilometri a nord - ovest di Sullùm Ba'attì.
Morfologia del sito	Cavità presenti in un torrione di arenaria.
Tecnica esecutiva	Cavità inferiore: pittura. Colore: rosso. Cavità superiore: incisione.
Figure rappresentate	Cavità inferiore: figure antropomorfe e zoomorfe. Cavità superiore: figure zoomorfe e geometriche.

Temi identificati Antropomorfo fantastico.

Bibliografia V. Franchini, 1960b, pp. 286-287, tavv. III e IV; V. Franchini, appunti personali.

All'estremità occidentale dell'anfiteatro racchiuso tra Adì Belià e l'Endà Nehbì vi è un «torrione» isolato, che presenta cavità e ripari prodotti per crollo ed erosione naturale dei differenti strati di arenaria di cui è formato. A circa metà altezza due aperture sono interessate dalla presenza di rupestri.

Nella cavità inferiore vi sono alcune pitture in colore rosso che rappresentano cavalli, cavalieri e uomini appiedati realizzati con un disegno molto semplice. Quattro personaggi sono resi in maniera estremamente rigida : le braccia allargate «a croce» mostrano la presenza di mani aperte con dita evidenziate; in un caso la posizione è quella dell'«orante» con le braccia alzate. Tutti presentano, a metà altezza del loro corpo, un segmento orizzontale, interpretabile come arma (spada o bastone) tenuta alla cintura, sempre che non si voglia pensare che siano stati trafitti (Fig. 45).

L'apertura superiore presenta invece incisioni, realizzate principalmente per levigatura, anch'esse molto schematiche e geometrizzanti. Si riconoscono bovini, ma le figure sono soprattutto del tipo «a reticolo», cruciformi, stellari o a cerchio inquartato.

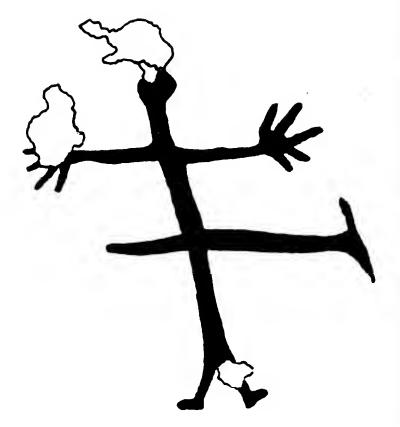



Fig. 45 - Sokuàr Emnì: figura antropomorfa dalle lunghe dita, col corpo attraversato da un segmento orizzontale, forse un'arma (da foto Franchini).

SULLÙM BA'ATTÌ

visitato dal Centro Studi Archeologia Africana nel gennaio 1995

Ritrovamento 1951, Vincenzo Franchini.

Regione Acchelè Guzai

Distretto Tedrer

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche Quota: m 1650
Circa 5 chilometri ad ovest del villaggio di Ghennisebà, sulla destra del fiume Marèb.

Morfologia del sito Riparo in arenaria.

Tecnica esecutiva Pittura. Colori: rosso, nero e giallo.

Figure rappresentate Bovini, antilopi, iene, felini, equidi (zebre ?), un rinoceronte e antropomorfi.

Temi identificati La mandria; il gruppo degli uomini allineati.

Stato di conservazione Buono con lacune (1995). Cause di degrado: esfogliazione della superficie rocciosa, azione degli agenti atmosferici e interventi antropici.

Bibliografia V. Franchini, 1951, pp. 122-123; P. Graziosi, 1964a, pp. 266-268, figg. 1, 2, 3a; P. Graziosi, 1964b, pp. 93-95,

190, figg. 1, 3, plates XII, XIII; V. Franchini, 1969, p. 85; G. Calegari, 1996, pp. 31-46, figg. 13e,14d,e; C. Franchini, 1996, p. 50, figg. 67-68; F. Cima, 1997, pp. 7-12, figg. 1-7.

Il sito si trova nella prima parte del pendio che porta al monte Endà Nehbì, sulla sponda destra del Marèb, a 800 metri circa dal fiume. I dipinti si trovano sotto una parete di roccia alta una decina di metri ed esposta perfettamente ad est, e sono distribuiti su una fascia di oltre 20 metri, sino ad un'altezza di circa 3,50 metri dal suolo (Figg. 46 e 47). Le singole immagini sono dipinte in colori che comprendono molti rossi (dall'arancio al violaceo) e bruni. I soggetti figurati a Sullùm Ba'attì sono numerosi: figure umane, bovini domestici (*Bos t. prim. brachyceros e macroceros*), bufali, antilopi, iene ed altri animali della fauna selvaggia interpretabili come felini, equidi ed un rinoceronte (Cima, 1997).

La parete dipinta costituisce un formidabile palinsesto ricco di cancellature e sovrapposizioni, che non sembrano però mostrare forti diversità stilistiche o cronologiche (Figg. 193, 194 e 195). L'insieme appare dunque un'espressione piuttosto omogenea, come del resto aveva già osservato Paolo Graziosi (Graziosi, 1964b), anche se in esso io focalizzo due momenti di attenzione, uno rivolto alla natura selvaggia (Figg. 48, 196, 197 e 198) e un altro all'animale domestico (Figg. 199 e 200). Sulla roccia si intravedono anche tracce di figure di dimensioni più grandi, che non si discostano però come stile dalle altre e che a volte sono sovrapposte ad esse. Nel complesso la progressione di immagini espresse sulla parete rocciosa sembra indicare il ripetersi, sovrapporsi ed integrarsi di rappresentazioni pittoriche legate a mitologie il cui racconto sfugge oggi ad una lettura diretta, in quanto percorso narrativo strettamente legato a pratiche simbolico - rituali di culture, che per ora non conosciamo neppure dal punto di vista archeologico. Ciò non significa però che l'attuale osservatore sia escluso dalla fruizione e dal dialogo con l'opera d'arte rupestre, in quanto essa è anche l'espressione di emozioni e di idee sulla vita di quel tempo, espressione che più che scoperta merita di essere ritrovata.

Le rappresentazioni degli animali mostrano tutte il medesimo e semplice schema grafico di base, che si riassume in una figura rettangolare con la base concava, ottenuta con una linea ad arco che suggerisce la curva del ventre e le zampe. Su uno spigolo allungato della figura è impostato il disegno del muso, con corna o orecchie e nella parte opposta è la coda.

Su questo semplice schema, abbiamo detto, si impostano i disegni di tutti gli animali figurati a Sullùm

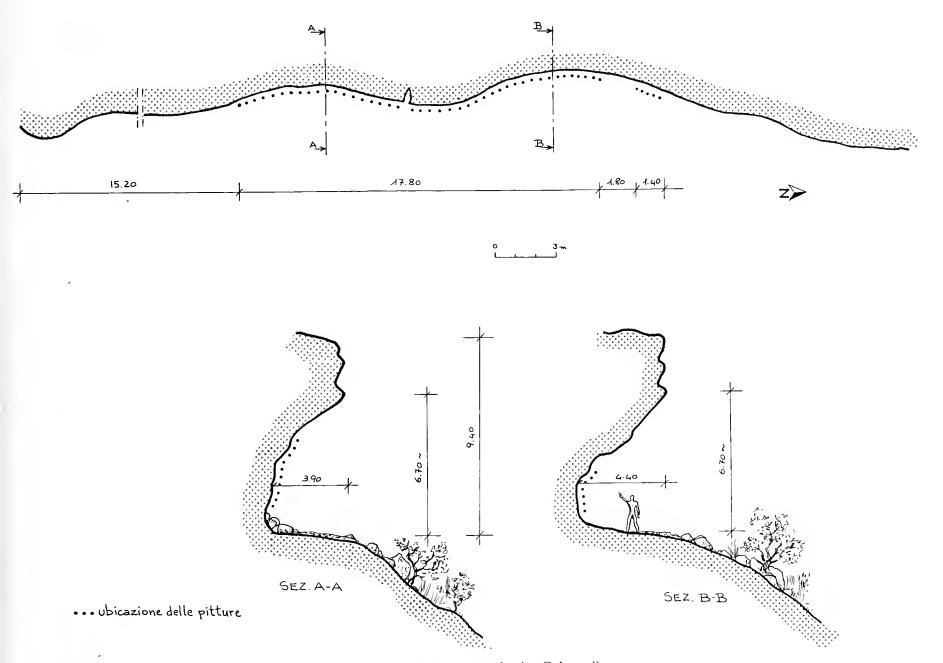



Fig. 46 - Sullùm Ba'attì: rilievo di massima del riparo (rilievo Ansaloni e Calegari).

Fig. 47 - Sullùm Ba'attì: visione generale del riparo (foto Calegari).

Ba'attì, la cui specie è poi indicata da semplici ma efficaci dettagli. Le figure possono essere dipinte a sola linea di contorno, a campitura piena o parziale, con la superficie endoperimetrale decorata con punti, con linee dritte parallele o incrociate e con linee curve spiraliformi. In ogni caso le pitture sono singolarmente monocrome.

L'immagine umana è rappresentata a Sullùm Ba'attì in modo meno verosimile e riconoscibile di quanto non sia per la fauna. L'uomo, come a Emba Barià e Lahlai Fecioquà, è qui indicato in modo estremamente schematico ed elusivo della sua reale identità, tanto da apparire più simile a zagaglia che ad antropomorfo (Figg. 49, 199 e 201). Queste figure schematiche sono disegnate con poche linee: un segmento più lungo è il corpo e due trattini curvi, che lo intersecano a diverse altezze, sono braccia e gambe; il segmento più lungo è al contempo, nella parte che sporge in alto il capo e nella parte inferiore il sesso maschile.

Questi antropomorfi, che per loro natura grafica paiono destinati a presentarsi uguali e anonimi sulla parete dipinta, privi per di più di un senso di dinamismo, sono in realtà impiegati nella composizione in accostamenti e ritmi di grande forza espressiva, tutt'altro che statici. Va anche sottolineato che nelle singole figure vi sono alcune differenze o particolarità: in alcuni casi il trattino che attraversa il segmento - corpo è uno solo, in altri la parte sporgente tra le gambe delle figure, interpretabile come il sesso, termina con un ingrossamento tondeggiante ad indicare forse una figura femminile (Fig. 49). La testa poi può

Fig. 48 - Sullùm Ba'attì: figura di rinoceronte (foto Calegari).

Fig. 49 - Sullùm Ba'attì: antropomorfi, probabilmente figure femminili, cavalcano animali zebrati dai quali escono verso l'alto fasci di linee; a sinistra un cerchio raggiante (foto Calegari).

essere semplicemente lineare o terminare ad uncino, presentarsi tondeggiante o «a fungo», piuttosto che rivelare una sorta di acconciatura o copricapo.

Gli antropomorfi schematici sono numerosi sulla parete dipinta di Sullùm Ba'attì, a volte si inseriscono isolati o in gruppo tra i bovini, altre volte compongono veri e propri episodi che possiamo apprezzare dal punto di vista figurativo. In un caso, purtroppo di colore sbiadito, essi si presentano in una numerosa compagnia di uomini accostati l'uno all'altro, che si allunga sulla parete (Fig. 50). In un altro caso un folto gruppo di personaggi circonda un bovino, forse un bufalo, dando l'impressione di un nugolo di zagaglie che convergono a raggiera verso l'animale (Fig. 201). In questa scena i protagonisti sono disposti e accostati in scansioni e sequenze precise, l'osservatore può coglierla con un colpo d'occhio e poi ripercorrerla attraverso le singole figure e la loro cadenza circolare, afferrando quell'«espressionismo ritmico» in essa presente, che ne fa una delle scene più belle del complesso dipinto. Indipendentemente dal suo preciso significato esoterico o denotativo e dal suo scopo narrativo, che ci è ignoto (potrebbe trattarsi del racconto di un mito di origine legato alla cattura e allevamento degli animali), la scena si lascia comprendere e interpretare per via indiretta; siamo in grado di afferrarla emotivamente in quanto è composizione che parla attraverso il linguaggio del simbolo. In essa si può intuire un fascio di significati in grado di essere rivitalizzati nel loro significato archetipico.

Del resto, le composizioni a carattere simbolico sono numerose in questo riparo: sempre legate alla figura dell'antropomorfo schematico ricorderemo la presenza di alcuni animali (antilopi ?) con il corpo decorato da strisce verticali, che escono come raggi o ciuffi verso l'alto, cavalcati da esseri umani, forse di sesso femminile. Linee raggianti si scorgono poi in altri punti della parete dove, in un caso, sembrerebbe rappresentato il sole (Figg. 49 e 202).

Tra i bovini, che al pari degli altri animali sono prevalentemente rivolti a sinistra, se ne intravedono alcuni che presentano sulla parte alta della coscia una decorazione lineare «a matassa» o a cerchi concentrici, che tanto fa pensare ad una rappresentazione (quasi ai raggi X) delle viscere (Fig. 203); motivo questo presente anche in altre aree geografiche, per esem-

Fig. 50 – Sullùm Ba'attì: gruppo di uomini allineati (elaborazione elettronica De Cola da foto Calegari).

pio nell'arte rupestre del Ciad (AA. VV., 1996, p. 15).

La distribuzione spaziale delle immagini sulla roccia ed il loro accostamento in composizioni è qui di difficile interpretazione; di fatto a Sullùm Ba'attì sono esclusi episodi narrativi o di vita quotidiana di tipo naturalistico. In questo caso, con un linguaggio figurativo codificato, sono espressi temi specifici legati al rapporto tra l'uomo, l'animale domestico e la natura selvaggia. La figura del predatore è molto frequente: rari i felini (Fig. 202) e soprattutto numerose le iene maculate che percorrono in file lo spazio tra i bovini, con la coda sollevata in posizione di scatto e sembrano ruotare intorno ai branchi di bufali (Fig. 195).

Molte immagini sono cancellate e non solo per dilavamento naturale; in un angolo una composizione di animali e uomini è stata letteralmente ricoperta e strofinata con ocra rossa, colore che ha impregnato in molti punti la parete, a riprova della continua frequentazione pittorica dello spazio (Fig. 204).

Lo stato di conservazione generale di questa importante opera può essere definito buono, nonostante il riparo non abbia certo offerto molta protezione dagli agenti atmosferici. Molte figure sono ancora ben leggibili altre, più sbiadite, presentano stati di usura attribuibili all'azione del tempo o ad intervento umano, che voglio considerare come accettabili ed in equilibrio con l'ambiente e la storia del sito. Non si osservano tracce di sfregi o distruzioni intenzionali, tranne alcune piccole escoriazioni chiare nel gruppo di figure più in alto, che lasciano supporre essere conseguenze di percussioni recenti dovute a lancio di sassi; per il resto i guasti maggiori, nella parte inferiore, sono dovuti all'esfogliazione del supporto roccioso.

Vale la pena di far osservare che in questo riparo, che presenta anche nicchie profonde, si notano sedimenti e che sul suolo di calpestio e nel pendio sottostante si osservano manufatti e resti della lavorazione della selce.

ENDÀ NEHBÌ

Ritrovamento	1958, Vincenzo Franchini.
Regione	Seraè
Distretto	Temezzà
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Sulla riva destra del fiume Marèb, alla base nord - est del massiccio dell'Endà Nehbì.

Morfologia del sito	Cavità nell'arenaria.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colore: rosso.
Figure rappresentate	Bovini.
Stato di conservazione	Scadente (anni '50).
Bibliografia	L. Ricci, 1959, p. 56; V. Franchini, appunti personali.

Nella «grotta», indicata con il nome del massiccio che la ospita, vi sono numerose figure dipinte, in massima parte ormai quasi completamente cancellate. Meglio conservate, anche se sbiadite, sono alcune immagini di colore rosso che rappresentano bovini, tra i quali alcuni con il corpo maculato.

Più in basso, a est, su di un piano orizzontale di arenaria, tra il fiume Marèb e la grotta di Endà Nehbì, vi sono alcune incisioni recenti a solco continuo. Sono figurate, in modo molto grossolano, alcune lance, immagini di sandali, due rapaci ed altri segni.

MESBÀR GUEIBÌ I

visitato dal Centro Studi Archeologia Africana nel gennaio 1996

Ritrovamento	1960, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Tedrer
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 1600 ~ Circa 50 metri sopra la base dello sperone più orientale del Mesbàr Gueibì, che fronteggia, oltre il fiume, l'opposta altura di Terer Ghemel.
Morfologia del sito	Cavità nell'arenaria.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colori: rosso e giallo.
Figure rappresentate	Bovini, un felino (?) e figure antropomorfe.
Stato di conservazione	Discreto (1996). Cause di degrado: esfogliazione della superficie rocciosa e azione degli agenti atmosferici.
Bibliografia	V. Franchini, 1960a; V. Franchini, 1969, p. 86; V. Franchini, appunti personali.

Mesbàr Gueibì è il nome di una cresta di alture rocciose (alte da 50 a 100 metri), a breve distanza dalla riva destra del Marèb, sul confine tra i distretti Temezzà e Tedrer, poco a nord della strada che dal fiume conduce a Mendeferà (Adì Ugrì). La formazione rocciosa, piuttosto accidentata, è lunga all'incirca un paio di chilometri ed è orientata da est a ovest. Lungo i suoi fianchi sono diversi siti interessati da arte rupestre, visitati nel giugno del 1960 da Vincenzo Franchini, che descrisse in particolare due grotte (Franchini, 1960a).

La prima è situata a circa 50 metri dalla base del complesso roccioso, nel punto dove lo sperone orientale del Mesbàr Gueibì è più vicino al Marèb. La cavità è lunga una decina di metri e sulla sua parete di fondo si scorgono numerose pitture, alcune ancora ben leggibili, altre molto rovinate. Le figure, comprese tra i 15 e i 20 cm di lunghezza, rappresentano principalmente bovini, soprattutto il *Bos t. prim. macroceros* (Fig. 51) (Franchini ne descrive undici), realizzati con pittura a solo contorno o a campitura piena; la pezzatura del manto è resa con punteggiature o con parziali campiture sul corpo degli animali. Tra le immagini dipinte non è identificabile il *Bos t. prim. indicus*, mentre non è da escludere la raffigurazione

Fig. 51 - Mesbàr Gueibì I: figure di bovini (foto Franchini).

Fig. 52 - Mesbàr Gueibì I: composizione a piramide rovesciata con bovini e figure antropomorfe (foto Franchini).

Fig. 53 - Mesbàr Gueibì I: composizione a piramide rovesciata con bovini e figure antropomorfe (disegno e foto Franchini).

di un felino. Sulla parete sono anche dipinte alcune figure antropomorfe rese in maniera molto schematica, al pari di altri segni di difficile interpretazione, tra i quali quei semicerchi col trattino in mezzo, che paiono una E rovesciata. Le pitture di questa cavità sono state realizzate in colore rosso (con varie tonalità sino al bruno) e, più raramente, in giallo.

Vincenzo Franchini (Franchini, 1960a) fa notare che è possibile cogliere diversi esempi di sovrapposizioni tra le pitture, evidenziando differenze esecutive tra quelle sottostanti, più sbiadite, e quelle posteriori che si sovrappongono ad esse. Sempre secondo Franchini, le pitture più recenti di Mesbàr Gueibì, raffiguranti bovini, sono rapportabili a quelle non distanti (3 chilometri a nord) di Sullùm Ba'attì.

Una scena che merita una certa attenzione è quella costituita da due bovini, che si presentano identici nel disegno, col corpo macchiettato ed un antropomorfo schematizzato (Fig. 52). Le figure si organizzano in una curiosa composizione, nella quale sotto il ventre del bovino più grande è posta la figura di un animale più piccolo, che a sua volta raccoglie tra le zampe la figura umana. Inoltre sembrerebbe anche di intravedere, all'interno del corpo del bovino inferiore, la rappresentazione di un altro bovino ancora più piccolo. La composizione è decisamente simmetrica, quasi a piramide rovesciata, ad essa partecipa forse anche un antropomorfo tracciato a poca distanza sulla destra; ritengo di poter riconoscere in questo insieme una scena unitaria, il cui preciso significato è troppo lontano da noi. La presenza di questi temi o accostamenti particolari di figure ribadisce ancor di più il rapporto tra le pitture di Mesbàr Gueibì e quelle di Sullùm Ba'attì, dove sono numerose le scene di carattere «simbolico». Lo stesso tema rappresentato in modo molto simile è del resto osservabile in almeno un'altra scena presente nella cavità (Fig. 53).

MESBÀR GUEIBÌ II

Ritrovamento	1960, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Tedrer
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 1600 ~ Un chilometro a ovest di Mesbàr Gueibì I.
Morfologia del sito	Cavità nell'arenaria.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colore: nero.
Figure rappresentate	Figure geometriche, antropomorfe e zoomorfe.
Stato di conservazione	Discreto (anni '60). Cause di degrado: esfogliazione della superficie rocciosa e interventi antropici.
Bibliografia	V. Franchini, 1960a; V. Franchini, 1969, p. 86; V. Franchini, appunti personali.

Questa cavità ospita opere d'arte rupestre di tutt'altra natura rispetto a Mesbàr Gueibì I. Le pitture sono realizzate nella parete superiore della grotta, che si presenta molto bassa e di dimensioni limitate. Si tratta, in questo caso, di figure geometriche realizzate in colore nero, disegnate con linee a comporre triangoli, rettangoli quadrettati, un cerchio e segmenti intersecati da trattini, che ci paiono l'estrema schematizzazione di figure animali o antropomorfe (Fig. 54). Davanti alla cavità vi sono incisioni raffiguranti piante di piedi o sandali.

Una breve nota di Franchini (Franchini, 1969) lascia intendere come in prossimità di queste due «grotte» siano presenti altre cavità interessate da pitture rupestri. Tra queste merita attenzione un banco di arenaria situato sotto Enda Abba Scingundò al cui centro è presente una piccola cavità di erosione, intorno alla quale si organizza una lunga serie di puntini allineati in linee parallele.

Fig. 54 - Mesbàr Gueibì II: figure geometriche, figure antropomorfe e zoomorfe schematizzate (foto Franchini).

ENDÀ ATAL

Ritrovamento	1964, Vincenzo Franchini.
Regione	Seraè
Distretto	Temezzà
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Meno di un chilometro a nord di Addi Habenalì.

Morfologia del sito	Cavità.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colore: rosso.
Figure rappresentate	Bovini.
Temi identificati	La mucca con il vitello.
Stato di conservazione	Pessimo (anni '60). Cause di degrado: esfogliazione della superficie rocciosa.
Bibliografia	Inedita. V. Franchini, appunti personali.

Il nome di questa località si riferisce ad una piccola montagna che ospita, a metà del suo pendio, una «grotta» dipinta. Si tratta di pitture in colore rosso, assai sbiadite, che si dispongono su una lunghezza di circa m 1,50. Il resto della superficie dipinta è guastata gravemente a causa della caduta del supporto pittorico.

Le figure (una decina circa) rappresentano bovini non gibbuti di tipo macrocero. L'immagine dell'animale più grande, tra le cui zampe ne compare uno più piccolo, è simile per la realizzazione grafica ad una scena di Mesbàr Gueibì I.

ADDI HABENALÌ

Ritrovamento	1964, Vincenzo Franchini.
Regione	Seraè
Distretto	Temezzà
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Un chilometro a nord - est di Enda Abba Scingundò, a nord di Chenafenà.
Morfologia del sito	Masso.
Tecnica esecutiva	Incisione a martellina.
Figure rappresentate	Un cavaliere.
Bibliografia	Inedita. V. Franchini, appunti personali.

Su di una masso è stata realizzata l'incisione di un cavaliere, lunga circa cm 55 (Fig. 55). La figura, decisamente scadente, rappresenta un'interpretazione personale e molto *naïf* di un uomo a cavallo: un personaggio, schematico e lineare, cavalca un animale allungato, la cui unica concessione estetica è data dalla coda a fiocco, che ci ricorda una fiocina.

Fig. 55 - Addi Habenalì: incisione di un cavaliere (foto Franchini).

DUGUM

Ritrovamento	1961, Vincenzo Franchini.
Regione	Seraè
Distretto	Temezzà
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 1600 ~ Due chilometri a nord di Chenafenà, sul fianco sinistro del vallone di Dugum, sul lato sinistro del torrente Mai Atal.
Morfologia del sito	Cavità.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colore: rosso.
Figure rappresentate	Figure zoomorfe, soprattutto bovini, e antropomorfi.
Bibliografia	V. Franchini, 1969, p. 87.

Nella cavità è presente una fascia orizzontale di pitture rosse con animali e figure umane. Per quanto è possibile desumere dal rilievo fornitomi da Vincenzo Franchini, gli animali rappresentati sono tutti bovini, anche se alcuni di essi ricordano degli ovini (Fig. 56). L'impostazione grafica delle figure, che per certi versi ne ricordano alcune presenti a Carora, è abbastanza vicino alle rappresentazioni di Ba'attì Sullùm. Anche in quel sito, come sembra di intuire per Dugum, le lunghe corna del bestiame sono realizzate con tratto sottile che, in molti casi, è appena percettibile se non scomparso.

Tra le altre pitture presenti a Dugum due rappresentano uomini. Ambedue si mostrano in pose particolari: una, con il braccio sinistro piegato verso l'alto, sembra reggere un oggetto, l'altra, che ha il braccio sinistro piegato verso il fianco e il destro steso orizzontalmente, sembra rivelare un'acconciatura che Franchini confronta con quelle ancora in uso presso alcune popolazioni cuscitiche.

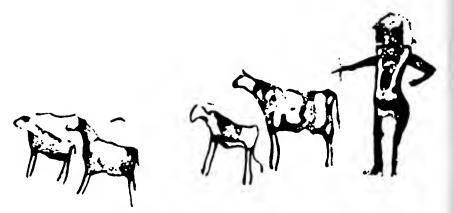



Fig. 56 - Dugum: rilievo della composizione (per gentile concessione di Franchini).

AF DUGUM

Ritrovamento	1963, Vincenzo Franchini.
Regione	Seraè
Distretto	Temezzà
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 1600 ~ Due chilometri a nord di Chenafenà, allo sbocco e sulla destra del vallone Dugum.
Morfologia del sito	Cavità.

Tecnica esecutiva	Pittura. Colore: rosso. Incisione.
Figure rappresentate	Pitture: bovini, un cavaliere e segni schematici. Incisioni: un cammello.
Bibliografia	Inedita. V. Franchini, appunti personali.

In questa località sono presenti pitture realizzate in alcune nicchie naturali all'interno di una cavità di modeste dimensioni. Vi sono figure e segni di difficile interpretazione, forse riferibili ad immagini antropomorfe o zoomorfe estremamente semplificate.

Quattro massicci bovini dalle grandi corna sono figurati in una interessante composizione ad andamento verticale (Fig. 57). Gli animali sono dipinti in colore rosso e si presentano di diverse dimensioni. La coppia centrale si rivolge a destra, mentre i due bovini alle estremità guardano a sinistra.

Vincenzo Franchini segnala inoltre, tra le pitture, la presenza di una rozza figura di cavaliere e sul pavimento della grotta un'incisione a graffito rappresentante un cammello.

Fig. 57 - Af Dugum: composizione con quattro bovini (foto Franchini).

ADI ANZARAFÒ

Ritrovamento	1962, Vincenzo Franchini.
Regione	Seraè
Distretto	Temezzà
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Circa un chilometro a nord di Chenafenà.
Morfologia del sito	Cavità.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colori: rosso e bianco.
Figure rappresentate	Bovini e figure geometriche.
Temi identificati	La mucca con il vitello.

Stato di conservazione Scadente (anni '60).

Bibliografia Inedita. V. Franchini, appunti personali.

La cavità si presenta alta circa metri 2, profonda altrettanto e lunga una decina di metri ed è esposta ad est. In essa sono presenti pitture rupestri, alcune mal conservate, altre ridotte a poco più che tracce. Le figure si sviluppano in una fascia di circa 6 metri.

Dagli appunti di Vincenzo Franchini, corredati di fotografie e rilievi grafici delle pitture, apprendiamo che, escludendo segni geometrici di colore rosso, le immagini visibili si riferiscono a raffigurazioni di bovini e precisamente: quattro bovini gibbuti dipinti in rosso a campitura piena, che si sovrappongono ad altre figure indistinte bianche e rosse; cinque bovini non gibbuti in colore bianco pieno poco visibili; un bovino non gibbuto macrocero, in colore rosso pieno, dipinto su di una figura bianca precedente.

I rilievi di massima di alcune immagini eseguiti da V. Franchini mi permettono alcune riflessioni. In primo luogo vorrei porre l'attenzione sulla figura del bovino rosso (Fig. 58 d), con lunghe corna ricurve e contrapposte come una S rovesciata, che ritroviamo anche in modelli più schematici presenti in altre località (per esempio a Ba'attì Abba Keisì). Un'altra osservazione riguarda due animali dipinti in colore bianco (Fig. 58 c), le cui robuste corna sono rappresentate ricurve all'indietro, quasi in giusta prospettiva e ci ricordano quelle figure di Jago che ritengo, di quella cavità, le più antiche. Un rilievo che riproduce un bue gibbuto (Fig. 58 b) e la corrispondente fotografia (Fig. 59) ci mostrano una macchia sotto il ventre dell'animale; sono propenso a interpretarlo come la solita rappresentazione del vitello anziché la descrizione delle mammelle.

Fig. 58 - Adi Anzarafò: rilievi preliminari di Vincenzo Franchini effettuati con la tecnica del ricalco su pellicola trasparente (per gentile concessione di Franchini).

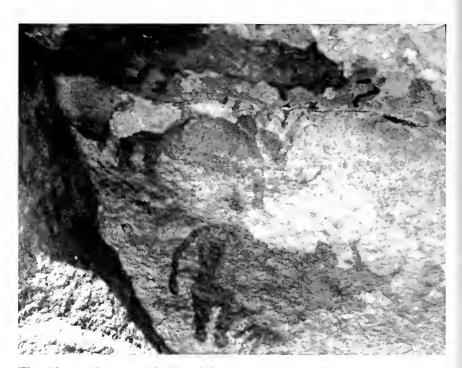



Fig. 59 - Adi Anzarafò: bovini gibbuti dipinti in colore rosso pieno. La figura sotto il ventre del bovino più in basso, anche se confusa, è interpretabile come un vitello (foto Franchini).

MAI MENGAS

Ritrovamento 1962, Vincenzo Franchini.

Regione Seraè

Distretto Temezzà

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche Sul costone a sud del pozzo di Mai Mengas (poco sopra il pozzo stesso), ad ovest di Chenafenà.

Morfologia del sito Riparo.

Tecnica esecutiva Pittura. Colore: rosso.

Figure rappresentate Figure frammentarie di bovini.

Stato di conservazione Scadente (anni '60). Cause di degrado: essudazioni saline.

Bibliografia Inedita. V. Franchini, appunti personali.

Vincenzo Franchini segnala in questa località tre figure parziali di bovini, dipinte in colore rosso sulla parete di un piccolo riparo roccioso. Le pitture, a suo avviso riconducibili a quelle di Sullùm Ba'attì, si presentano frammentarie a causa di una «spessa patina» (probabilmente si tratta di essudazione salina), che ha ricoperto le figure dipinte in questo sito, lasciandone scoperte solo alcune parti.

MESSELACH ADERESSOM

Ritrovamento 1964, Vincenzo Franchini.

Regione Seraè

Distretto Temezzà

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche Lungo la strada Mendeferà (Adi Ugrì) - Chenafenà, presso il bivio per Chenafenà fra massi poco a sud della strada.

Morfologia del sito Massi.

Tecnica esecutiva Incisione a martellina.

Figure rappresentate Bovini.

Bibliografia Inedita. V. Franchini, appunti personali.

Vincenzo Franchini fornisce di questa località alcune indicazioni corredate da fotografie. Le incisioni, che dalle immagini mi paiono realizzate a martellina, si scorgono su alcuni massi all'aperto. Si tratta di tre figure di bovini non gibbuti, di cui una poco chiara sembra, secondo Franchini, aver subito aggiunte posteriori od essere frutto di una errata esecuzione iniziale.

Le altre due incisioni ci mostrano figure di bovini con quel profilo «a farfalla» (Fig. 60) che caratterizza un preciso codice iconografico, che sembra, ad un certo momento, essere il punto di arrivo di un percorso figurativo diffuso su di un'area relativamente vasta ed espresso anche in chiave pittorica (vedi Soqelà, Gamà, Addì Qansà I, ecc...).

Sul masso che ospita le incisioni è possibile anche osservare scritte più recenti, incise negli anni trenta da militari italiani.

Fig. 60 - Messelach Aderessom: incisioni di bovini col corpo «a farfalla» (foto Franchini).

BA'ATTÌ GUAGUÀ DI CHENAFENÀ

Ritrovamento 1964, Vincenzo Franchini.

Regione Seraè

Distretto Temezzà

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche Ad est di Chenafenà, sul fianco orientale del dosso che scende nella conca Guaguà.

Morfologia del sito Cavità.

Tecnica esecutiva Pittura. Colore: rosso.

Figure rappresentate Bovini.

Bibliografia Inedita. V. Franchini, appunti personali.

Le pitture, di colore rosso, sono in una cavità che, specie verso il fondo, si presenta interrata. Le figure appaiono in una fascia dipinta a livello del suolo di calpestio, come affiorassero dagli strati di riempimento, che forse coprono altre pitture sottostanti. Si tratta di quattro raffigurazioni di bovini non gibbuti, uno dei quali di tipo macrocero, resi con gusto che Franchini definisce «naturalistico».

BA'ATTÌ MESHÙL

visitato dal Centro Studi Archeologia Africana nel gennaio 1996

Ritrovamento 1961, Vincenzo Franchini.

Regione Seraè

Distretto Temezzà

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1962 (Godofelassi), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche Quota: m 1620 ~
Poco meno di 2 chilometri a sud del villaggio di Asseguaguì.

Morfologia del sito Cavità.

Tecnica esecutiva Pittura. Colori: rosso, bianco e nero.

Figure rappresentate Bovidi, figure antropomorfe, cavalli, figure geometriche e un felino (?).

Temi identificati Composizione di punti allineati.

Stato di conservazione Discreto (1996). Cause di degrado: esfogliazione della superficie rocciosa e interventi antropici (picchiettature recenti e graffiature bianche di scritte o scarabocchi).

Bibliografia V. Franchini, 1964b, pp. 97-98, figg. 1-6; V. Franchini, 1969, p. 88; V. Franchini, appunti personali.

Le pitture, che si sviluppano sulla parete della cavità per una quindicina di metri, sono state realizzate in rosso, bianco e nero. Nel complesso si contano almeno 50 figure, attualmente in discreto stato di conservazione. E' possibile osservare diverse sovrapposizioni che, secondo Franchini, attestano tre o forse quattro «strati» di pitture, cui corrisponderebbero diverse fasi stilistiche. Differenze di esecuzione ed espressione figurativa si osservano del pari fra diversi gruppi di figure variamente distribuiti sulla parete.

Tra le pitture prevalgono raffigurazioni di bovini, frequentemente il *Bos t. prim. indicus*, ma non mancano immagini di uomini: in alcuni casi molto schematizzate (dipinte in bianco), in altri più definite nella «fisionomia» che ci mostra anche acconciature «a fungo». Altre figure umane sono associate a cavalli con selle e briglie. Tra le immagini di non facile identificazione sono forse presenti delle antilopi ed un felino. Sono visibili anche pitture geometriche e segni, come la serie di cerchietti bianchi accostati in file in una sorta di «ritmo grafico».

Interessante, per la scelta della soluzione figurati-

va, è la descrizione dei buoi gibbuti, realizzati in forme tondeggianti, secondo un codice iconografico che tende a sintetizzare la figura massiccia degli animali, che appaiono come compatti. Alcuni di questi bovini sono dipinti in rosso a piena campitura, in qualche caso è stata applicata una macchiettatura a punti neri. Altri buoi gibbuti si presentano in un gruppo di circa trenta figure, dipinte in rosso e contornate completamente in bianco, come da una sorta di aureola (Figg. 205 e 206).

Tra le raffigurazioni di buoi senza gobba (probabilmente macroceri), alcuni, dipinti a colore pieno in rosso o in bianco, hanno corpo molto allungato e testa piccola con lunghe corna, mentre le quattro zampe, a forma di triangolo rovesciato, suggeriscono un percorso di semplificazione e schematizzazione verso figure «a pettine». In particolare, su una superficie liscia della roccia sono figurati due di questi bovini appaiati, rispettivamente di colore rosso e bianco. Sopra di essi è dipinto in bianco un altro bovino di tutt'altro «stile», che si mostra con tratti più verosimili come stesse caricando, con le corna protese in avanti e la testa bassa (Fig. 207).

La raffigurazione di bovidi con il corpo allungato, come quelli dipinti in questo sito, rientra in quelle istanze figurative presenti anche a Zebàn Kebesà I, Zebàn Onà Libanòs I ed a Jago, per fare solo alcuni esempi. A Ba'attì Meshùl una figura di questo tipo potrebbe essere una antilope (Fig. 208).

ADI COSCIÒ

Ritrovamento	1962, Vincenzo Franchini.
Regione	Seraè
Distretto	Temezzà
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1962 (Godofelassi), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 1650 ~ Un chilometro ad est del villaggio di Ho-Ho, circa 4 chilometri a sud - ovest della cavità di Ba'attì Meshùl.
Morfologia del sito	Cavità.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colori: rosso, marrone, nero e bianco.
Figure rappresentate	Figure zoomorfe, principalmente bovini.
Bibliografia	V. Franchini, 1969, p. 88; V. Franchini, appunti personali.

La cavità, di discrete dimensioni (25 m di lunghezza e 7 m di altezza), è esposta a nord e conserva pitture di differenti momenti e tecniche figurative. Alcune immagini semicancellate sono in parte sovrapposte da altre figure di colore rosso scuro, marrone e nero, tra le quali vanno segnalati sette bovini a dorso dritto, di uguale stile, in colore pieno. Altre pitture, più recenti, mostrano immagini di animali eseguiti in modo scadente e grossolano, oltre a segni di colore bianco.

Vincenzo Franchini mi fornisce alcuni rilievi preliminari di figure di bovini, che si presentano frammentarie (Fig. 61). Nonostante la limitatezza dei documenti possiamo accostare queste rappresentazioni ad un momento antico dell'arte rupestre eritrea, che troviamo documentato ad esempio a Sullùm Ba'attì.

Negli appunti personali, che accompagnano questi rilievi, si osservano, al termine della descrizione dattiloscritta, le seguenti annotazioni a penna: «Non fot. per impossibilità di ripresa. Di accesso difficile ed esposto; l'indigeno non volle seguirmi. Davanti alla cavità, raccolti piccoli manufatti litici».

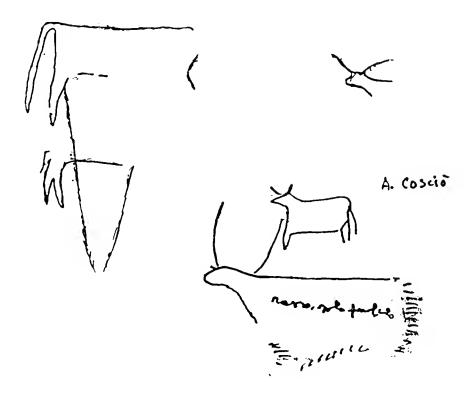



Fig. 61 - Adi Cosciò: alcuni rilievi preliminari su lucido di V. Franchini (per gentile concessione di Franchini).

BA'ATTÌ ABBA KEISÌ

Ritrovamento	1961, Vincenzo Franchini.
Regione	Seraè
Distretto	Temezzà
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1962 (Godofelassi), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 1600 ~ Circa 3 chilometri a ovest del villaggio di Metfà Ualtà.
Morfologia del sito	Cavità.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colore: rosso. Incisione.
Figure rappresentate	Pitture e incisioni: bovini e antropomorfi molto schematizzati.
Bibliografia	P. Graziosi, 1964a, pp. 271-273, figg. 4-6; P. Graziosi, 1964b, pp. 97-98,190, figg. 6,10; V. Franchini, 1969, p. 88.

La località d'arte rupestre è descritta come una caverna piuttosto grande, che ospita una serie di figure dipinte in ocra rossa o incise con tratto sottile a graffito. In questa cavità sono presenti solo figure schematiche, interpretate come rappresentazioni di uomini e bovini. In alcuni casi le immagini, molto essenziali, sono rese con una linea semicircolare, interrotta nella sua metà da un piccolo tratto che va verso il centro, come una E rovesciata o «a tridente». Questo motivo, quasi un segno calligrafico, si trova sia dipinto che inciso in altri siti rupestri dell'Eritrea (Mezab Alabù, Endà Abùne Tekhlè, Mesbàr Gueibì, ecc...) ed è interpretato da Graziosi come figura antropomorfa schematizzata, rapportabile ad altre simili presenti nell'arte rupestre della penisola iberica (Graziosi, 1964a, 1964b).

Le altre figure presenti in questa cavità sono interpretate come rappresentazioni di bovini. Si tratta di immagini sempre schematizzate, realizzate con un segmento verticale (il corpo dell'animale) intersecato da una coppia di trattini curvi verso il basso, ad indicare le zampe, mentre una grande linea curva nella parte superiore ne descrive le corna (Fig. 62). Queste possono essere a semicerchio verso l'alto, possono rivolgersi all'indietro racchiudendo il corpo dell'animale o apparire come una S ondulata.

Fig. 62 – Ba'attì Abba Keisì: diversi esempi di bovini fortemente schematizzati dipinti nella cavità; la composizione nell'angolo inferiore destro è realizzata a incisione (da Graziosi, 1964a).

Sempre Graziosi, nel descrivere queste seconde figure schematiche, suggerisce confronti formali con rappresentazioni di bovini presenti in Europa, sulle rocce del Monte Bego nelle Alpi Marittime. Nel caso di Ba'attì Abba Keisì, anche se si tratta di descrizioni di bovini, mi piace far osservare come il corpo dell'animale sia per certi versi «antropomorfizzato» giungendo ad assomigliare, con i trattini ricurvi delle zampe, a certi antropomorfi schematizzati; quasi una figura simbiotica di Uomo - Bovino.

CAR SAGLÀ

Ritrovamento	1968, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Tedrer

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche Quota: m 1600 ~
Circa 1 chilometro ad est del villaggio di Addì Nebrì.

Morfologia del sito Cavità.

Tecnica esecutiva Incisione.
Pittura. Colore: rosso.

Figure rappresentate Incisioni: bovini in differenti schematizzazioni e segni schematici.
Pitture: bovini.

Stato di conservazione Incisioni: buono (anni '60).
Pitture: scadente (anni '60).

Bibliografia V. Franchini, 1969, p. 87; V. Franchini, 1980, p. 48, figg. 8-9.

Sulla parete della cavità si scorgono pitture in colore rosso scuro, quasi cancellate, che rappresentano bovini senza gobba, probabilmente anteriori alle numerose incisioni cui sottostanno.

Le immagini che Vincenzo Franchini descrive come graffiti raffigurano bovini realizzati in differenti maniere. Le incisioni rappresentano buoi dalle lunghe corna e almeno uno di questi presenta la gobba (Fig. 63). Proprio intorno alla rappresentazione delle grandi corna si organizzano le diverse soluzioni grafiche che indicano ed evocano la figura del bovino, giungendo anche al massimo grado di stilizzazione e astrazione grafica, che riduce le figure quasi ad immagini ideogrammatiche (Fig. 64), come a Endà Abùne Tekhlè, a Ba'attì Abba Keisì, ecc.... Tra le incisioni Franchini si sofferma a descrivere quella di un bovino a grandi corna, che egli definisce di stile naturalista e ritiene più antico delle altre figure.

Fig. 63 – Car Saglà: incisioni di bovini in varie fasi di schematizzazione (foto Franchini).

Fig. 64 – Car Saglà: incisioni schematiche dove la figura del bovino è ridotta ad un'immagine ideogrammatica sintetizzante le corna (foto Franchini).

MEREGÀ GHEDÈ

Ritrovamento 1961, Vincenzo Franchini.

Regione Acchelè Guzai

Distretto Tedrer

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche	Quota: m 1700 ~ A nord del monastero di Enda Johannes, raggiungibile dalla strada Decamerè – Mai Ainì.
Morfologia del sito	Cavità.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colori: rosso, bianco e nero.
Figure rappresentate	Cavalli, antropomorfi, cavalieri, bovini e segni schematici.
Stato di conservazione	Discreto (anni '60).
Bibliografia	Inedita. V. Franchini, comunicazione personale.

Vincenzo Franchini, in una comunicazione personale, mi fornisce le indicazioni sull'ubicazione del sito e le caratteristiche delle pitture, unitamente ad alcune immagini fotografiche.

Nella cavità vi sono pitture in colore rosso, bianco e nero. Figure di bovini, con il corpo quadrangolare a solo contorno riempito di puntini, sono rapportabili a simili rappresentazioni presenti a Mesbàr Gueibì e sembrano qui precedere cronologicamente altre immagini, che rappresentano cavalli e cavalieri schematizzati sino a disegni «pettiniformi». Una figura di cavallo con cavaliere è dipinta in bianco, con una vaga ricerca di descrizione, che permette di cogliere l'acconciatura a treccine dell'uomo (Fig. 65). Altre pitture, che pur tradiscono un'origine figurativa (cavallo o uomo) si trasformano in immagini geometriche, che ricordano ideogrammi. Un gruppo di questi, accostati, presenta forme triangolari divise all'interno ed un cerchio inquartato (Fig. 66), figure perfettamente rapportabili ad altre simili presenti a Ba'attì Dongolò e Ba'at Afrùs I.

Fig. 65 - Meregà Ghedè: figure schematiche antropomorfe e zoomorfe; al centro è un cavaliere di colore bianco con una vistosa acconciatura (foto Franchini).

Fig. 66 - Meregà Ghedè: figure geometriche, forse l'estrema schematizzazione di antropomorfi o cavalieri (foto Franchini).

ADDÌ QANSÀ I

Ritrovamento	1958, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Tedrer
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 1700 ~ A sud – est di Addì Nebrì, sul costone a ovest dei resti del villaggio di Addì Qansà.
Morfologia del sito	Tre cavità nell'arenaria.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colori: varie tonalità di rosso, raro il bianco e il nero.

Figure rappresentate Bovini, cavalli, altre figure zoomorfe (un felino ?), figure antropomorfe, armati, cavalieri e figure geometriche.

Temi identificati La mucca con il vitello; il pastore guerriero.

Stato di conservazione Buono con lacune (anni '90 Franchini). Cause di degrado: esfogliazione della superficie rocciosa, azione degli agenti atmosferici e interventi antropici (scritte e graffi recenti).

Bibliografia L. Ricci, 1959, pp. 56-57; V. Franchini, 1960b, pp. 287-289, tavv. V-VIII; P. Graziosi, 1964b, pp. 97, 189-190, tavv. XV-XVI; V. Franchini, 1969, p. 86; C. Franchini, 1996, pp. 49-50, figg. 62, 63, 65; V. Franchini, appunti personali.

Vincenzo Franchini in una comunicazione personale così descrive l'accesso al sito d'arte rupestre: in corrispondenza di una grande ansa del fiume Fenqaqà (Mai Usciatè), sul costone a ovest dello scomparso villaggio di Addì Qansà, che dà il nome al sito, a circa 100 m di altezza si scorgono le cavità dipinte. Si tratta di tre cavità accostate, scavate nell'arenaria, che ospitano pitture realizzate in colore rosso nella quasi totalità, alcune figure bianche e qualche «disegno» in nero.

In quella che V. Franchini definisce prima cavità, da nord, sono stati dipinti bovini, alcuni gibbuti altri no, quasi sempre a colore pieno più raramente a solo contorno. Le figure, semplici nel loro disegno, risentono nell'impostazione delle zampe di quello schema «a pettine» che in questo caso però non è portato all'estrema schematizzazione; nel corpo degli animali si è cercato di cogliere un qualche volume e le corna sono disegnate in avanti, forti come tenaglie. Un bovino è del tipo «a corpo allungato», altri un po' pasticciati ricordano figure simili di Zebàn Abùr. Interessante l'immagine di un bovino gibbuto, in colore bianco, con il suo piccolo sotto il ventre in atto di succhiare il latte (Fig. 209).

Altre tracce di pitture sono sulla volta di una cavità molto bassa, mentre numerose ed importanti pitture rivestono le pareti e il soffitto della terza cavità. Le immagini, di colore rosso, nel complesso si presentano ben conservate e raffigurano principalmente bovini, rare figure umane e cavalli. Le pareti si presentano affollate da figure dipinte, quasi un groviglio da districare per poter cogliere confronti e differenze

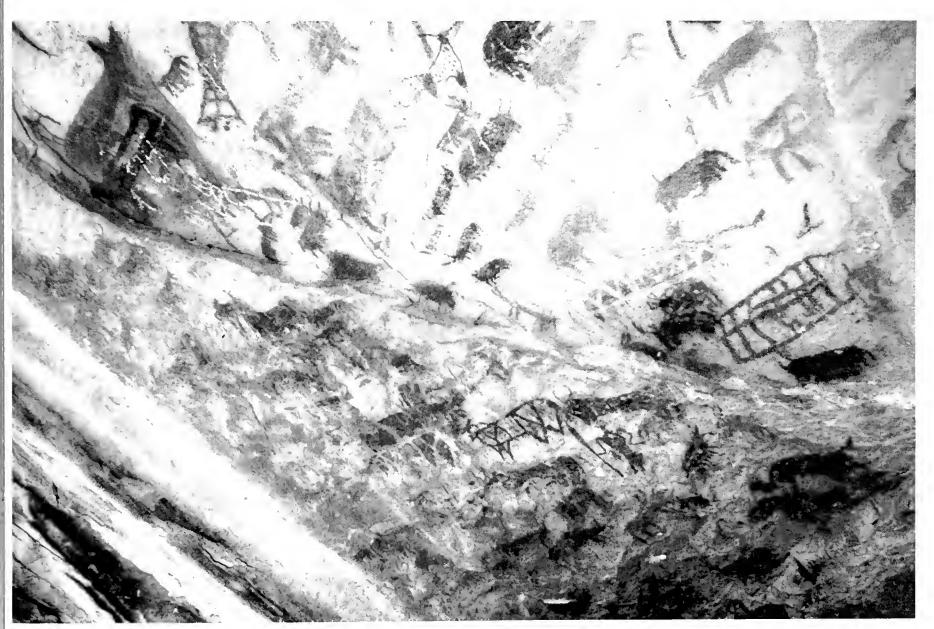



Fig. 67 - Addì Qansà I, terza cavità: visione parziale della parete dipinta (foto Franchini).

Fig. 68 - Addì Qansà I, terza cavità: figura umana bitriangolare vestita di una lunga tunica (foto Franchini).

formali, numerose sovrapposizioni e passaggi «stilistici». Alcuni bovini sono disegnati con corpo massiccio, a piena campitura e zampe corte, altri paiono invece «scattanti», altri ancora sono molto allungati e presentano a volte la pezzatura del manto, realizzata risparmiando parti non dipinte sul corpo dell'animale. In un caso il manto del bovino è attraversato in tutta la sua lunghezza da una fascia zigzagante (Fig. 67).

Si intuisce chiaramente la presenza di «mani» diverse: compaiono infatti animali più grossolani e stilizzati, sin quasi alla semplice figura «a pettine» (Fig. 210), che sembrano derivare dall'imitazione più o meno felice di precedenti pitture. Un particolare di buona fattura, che interpreto come una composizione coerente, rappresenta un gruppo di quattro bovini, rivolti verso sinistra, «sorvegliati» da un personaggio, molto probabilmente un pastore guerriero (Figg. 69 e 211). Gli animali, dal corpo sinuoso e allungato, si presentano con zampe «a triangolo» e glutei tondeggianti. Tre sono in fila, un quarto è poco sotto; quest'ultimo e il primo di destra sono totalmente dipinti di colore rosso, mentre gli altri due presentano il mantello decorato con una suddivisione interna geometrica, tendente a forme triangolari. Uno è realizzato con il solo contorno della figura, divisa internamente da linee, l'altro, reso con notevole gusto «decorativo», presenta coperte di colore quelle parti che nell'altra figura erano state risparmiate; è quasi il suo negativo. L'uomo che appare tra questi animali è un personaggio con le gambe eccessivamente corte ma con torace possente e vita stretta. Egli impugna con la destra una lancia con la larga punta (forse un'arma di legno) e con la sinistra un oggetto più piccolo e indecifrabile. Gli elementi che lo caratterizzano (collo lungo, forma del capo, braccia sottili e torso robusto), ci permettono di rapportarla ad altri personaggi dell'arte rupestre eritrea, di cui citeremo come esempio quelli figurati nelle incisioni di Emba Celai.

Un'altra figura umana interessante, presente nel complesso di Addì Qansà I, è realizzata in maniera schematica geometrizzante, tiene le braccia verso l'alto, l'una piegata e l'altra tesa con la mano che stringe qualcosa. L'uomo indossa una lunga tunica stretta alla vita decorata a grosse quadrettature, i suoi piedi sporgono appena dal vestito e la testa è resa a forma di freccia (Fig. 68). Anche questa figura, benché realizzata in maniera più lineare, non è poi così lontana dalla rappresentazione dei guerrieri citati prima; del resto, sempre riferendoci a Emba Celai, osserveremo che anche lì i personaggi indossano vestiti decorati a grandi riquadri.

Altri antropomorfi sono poi dipinti nel palinsesto di Addì Qansà I, alcuni cavalcano cavalli molto schematizzati, uno più piccolo è posto con le braccia allargate fra due animali e un altro ancora è appoggiato sui glutei di un animale, il cui colore è colato per dilavamento.

Tra le rappresentazioni di bovini una, realizzata a solo contorno, con il corpo decorato a puntini e testa, zampe ed una fascia centrale a colore pieno, si discosta nel suo disegno dal complesso figurato in questa cavità (Fig. 210). La sua forma «a farfalla» e i particolari del capo – orecchie – corna ci permettono di confrontarla con le immagini di Cor Sahunè, Gamà ed Edit.

Un tema molto rappresentato in questo sito è quello della mucca che allatta il vitello, lo troviamo in figurazioni di animali che rappresentano bovini gibbuti o a schiena diritta e in differenti soluzioni figurative. Il tema del latte è qui poi ribadito dalla insistente descrizione delle mammelle degli animali. Alcuni zoomorfi sono confrontabili con altri dipinti a Zebàn Onà Libanòs II. Sono inoltre presenti figure geometriche, tra le quali forme rettangolari divise a reticolo (Fig. 67).

Nella piana appena sotto la grotta, lungo il sentiero, si trovano alcune incisioni recenti su una superficie orizzontale di arenaria.

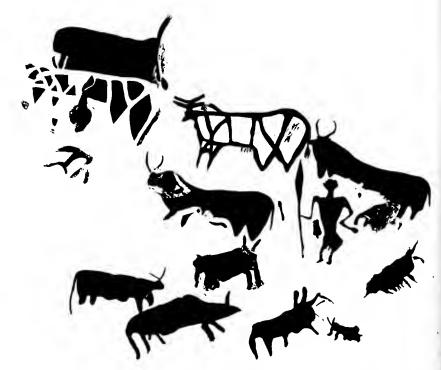



Fig. 69 - Addì Qansà I, terza cavità: rilievo di un particolare delle pitture con il tema del pastore guerriero (per gentile concessione di Franchini).

ADDÌ QANSÀ II - BA'ATTÌ GUAGUÀ

Ritrovamento	1964, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Tedrer
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 1700 ~ Circa 1 chilometro a nord dei resti del villaggio di Addì Qansà.
Morfologia del sito	Cavità nell'arenaria.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colori: rosso e bianco. Incisione.
Figure rappresentate	Pitture: bovini, cavalli, altre figure zoomorfe, antropomorfi, cavalieri e segni schematici. Incisioni: bovini in differenti schematizzazioni.
Temi identificati	La mucca con il vitello; antropomorfo fantastico.
Stato di conservazione	Discreto con lacune (anni '60). Cause di degrado: esfogliazione e fratture della superficie rocciosa.
Bibliografia	V. Franchini, 1969, p. 87; V. Franchini, appunti personali.

Vincenzo Franchini descrive il sito come una grande cavità nella quale sono visibili immagini di bovini, cavalli e uomini a schema «pettiniforme», dipinti in colore rosso e «... appartenenti a diverse fasi» (Franchini, 1969).

Anche le immagini fornitemi da Franchini confermano l'esattezza di questa osservazione, rivelando l'importanza che questa cavità sembra aver avuto come spazio per l'arte rupestre. Luogo privilegiato dunque nel quale si sono susseguite e sovrapposte, forse anche per molto tempo, diverse espressioni figurative, vuoi legate alla pittura piuttosto che all'incisione. Un primo gruppo di pitture, accomunabili per lo «stile», sono decisamente rapportabili alle immagini presenti nella vicina grotta di Addì Qansà I. Si tratta di raffigurazioni di bovini con il corpo allungato e le zampe (a triangolo rovesciato e arrotondato) accostate due a due come coppie di mammelle (Fig. 70). Sebbene talvolta le figure si presentino piuttosto sbiadite e rovinate, si scorge almeno in un caso un vitello sotto il ventre della madre.

Fig. 70 - Addì Qansà II - Ba'attì Guaguà: bovini di differenti «stili», dipinti e incisi (foto Franchini).

Fig. 71 – Addì Qansà II - Ba'attì Guaguà: incisioni di bovini (foto Franchini).

Vicino a queste pitture vi sono anche incisioni che Vincenzo Franchini, ma io non posso confermarlo, indica in certi casi come sottostanti alle pitture. Le incisioni rivelano diversi modelli figurativi del bovino: in un caso l'esecuzione è particolarmente curata e la figura mostra tutta la superficie endoperimetrale incisa, probabilmente con la tecnica della levigatura. L'animale, con il corpo allungato, è raffigurato con il torace stretto dove la curva concava del dorso si contrappone a quella del ventre (Fig. 71) ed è rapportabile a certe figure di Carora. Un altro gruppo di incisioni di tutt'altra natura presenta il bovino in una forma di estrema schematizzazione: l'animale è definito da un paio di lunghe corna ondeggianti poste all'estremità di un lungo tratto verticale, forse un'asta che richiama il corpo semplificato del bovino (Fig. 72); questo tipo di schematizzazione si ritrova anche a Meteccà Arè e a Lamdrara.

Un'altra figura mostra un bovino visto dall'alto, le lunghe corna ed un numero imprecisato di zampe lo fanno assomigliare ad un insetto o crostaceo (Fig. 70); altre figure simili dipinte le abbiamo osservate a Zebàn Abùr II. Con quest'ultima località possiamo operare ancora confronti, osservando figure presenti in un altro angolo della cavità di Addì Qansà II. Si tratta di figure antropomorfe con le braccia aperte; in alcuni casi le mani ed i piedi dei personaggi presentano lunghe dita. Vicino a queste raffigurazioni sono state realizzate, in colore rosso e bianco, immagini più recenti zoomorfe schematizzate «a pettine» e segni. Alcune di queste figure rappresentano uomini a cavallo (Fig. 73).

Fig. 72 – Addì Qansà II - Ba'attì Guaguà: schematizzazioni di bovini, rappresentati da lunghe corna poste all'estremità di un lungo tratto verticale (foto Franchini).

Fig. 73 – Addì Qansà II - Ba'attì Guaguà: varie figure dipinte con schema «a pettine», antropomorfi, cavalli e cavalieri. In alto a sinistra si nota una strana figura antropomorfa con le dita dei piedi particolarmente evidenziate (foto Franchini).

COHÈ EDAGÀ

Ritrovamento	1960 e 1961, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Tedrer
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 1650 ~ Circa un chilometro e mezzo ad est di Addì Qansà I, sul versante opposto.

Morfologia del sito Due cavità e banchi di arenaria.

Tecnica esecutiva I cavità : pittura. Colori: rosso e nero.
II cavità : pittura. Colori: rosso e marrone.
Banchi di arenaria: incisione.

Figure rappresentate I cavità: cavalli e cavalieri.
II cavità: bovini.
Banchi di arenaria: figure zoomorfe.

Bibliografia V. Franchini, 1969, p. 86; V. Franchini, appunti personali.

Cohè Edagà è il nome di una località di fronte ad Addì Qansà I, oltre il piano, dove sono banchi di arenaria. Nel sito sono presenti numerose incisioni che Vincenzo Franchini paragona alle figure di Addì Qansà I, localmente attribuite ai Belòu.

Più in alto, a metà costa, vi sono pitture in colore rosso e nero, in una piccola grotta rivolta ad ovest. Si tratta di figure molto schematiche, in certi casi semicancellate, tra le quali si scorgono cavalli e cavalieri. In un caso l'animale è realizzato in bicromia: corpo rosso e parte della coda in nero.

Ancora più in alto, a quota 1650 m, vi è una seconda cavità, la principale di questa località (rinvenuta nel 1961), che ospita numerose pitture di bovini di colore rosso e marrone, con il corpo allungato e le zampe che in alcuni casi terminano «a fiocco».

Dagli appunti di Franchini apprendiamo che anche nei pressi della chiesa di Enda Johannes è visibile una piccola figura di colore rosso che probabilmente rappresenta un cavallo sellato, mentre sotto il monastero, a metà costa e verso il pozzo, si scorgono tracce di pitture quasi totalmente cancellate.

BARDÈG

Ritrovamento 1958, Vincenzo Franchini.

Regione Acchelè Guzai

Distretto Tedrer

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche Circa 2 chilometri a sud di Addì Qansà I, nella parete sotto il villaggio di Zertò.

Morfologia del sito Cavità e roccia allo scoperto.

Tecnica esecutiva Pittura. Colori: rosso e nero.

Figure rappresentate Cavalieri e armati.

Temi identificati Scene di combattimento.

Stato di conservazione Scadente (anni '50). Cause di degrado: azione degli agenti atmosferici.

Bibliografia V. Franchini, 1960b, p. 289, tavv. IX e X, 1; V. Franchini, appunti personali.

In questa cavità sono attualmente visibili poche tracce di pitture. All'esterno invece, su di una roccia, sono dipinte in rosso (Franchini nota anche un contorno nero) alcune figure che paiono rappresentare una scena di combattimento (Fig. 74). Si osservano bene un guerriero che monta un cavallo schematizzato «a pettine» e che impugna una spada, della quale è ben indicata l'elsa e un secondo guerriero a cavallo, armato di spada, che sembra affrontare un guerriero appiedato che impugna un'asta con una mano, mentre nell'altra tiene un oggetto che potrebbe essere una corta spada piuttosto che un piccolo scudo ovale.

Le figure appartengono a quel momento figurativo caratterizzato dalla presenza di cavalli e cavalieri,

disegnati in maniera semplice e molto stereotipata, ad illustrare episodi di guerra o di valore di cui si è persa la memoria ma che, con ogni probabilità, erano parte di una dimensione narrativa tramandata oralmente e riconoscibile nel richiamo iconografico.

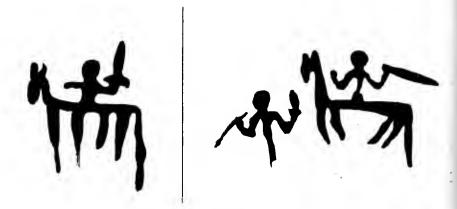



Fig. 74 - Bardèg: figura di cavaliere armato e scena di combattimento (da foto Franchini).

COR SAHUNÈ

Ritrovamento	1960, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Tedrer
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 1650 ~ Circa 3 chilometri ad est di Adì Mocadà, nel fianco sud del massiccio dove si trova il monastero di Enda Johannes.
Morfologia del sito	Riparo di arenaria con varie nicchie.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colori: varie tonalità di rossi e di bruni. Incisione a solco continuo e a martellina.
Figure rappresentate	Pitture: bovini e figure antropomorfe. Incisioni: figure antropomorfe, bovini e segni schematici.
Temi identificati	La mucca con il vitello; antropomorfo fantastico.
Stato di conservazione	Disomogeneo: da buono a scadente (anni '60). Cause di degrado: fratturazione della superficie rocciosa, azione degli agenti atmosferici e interventi antropici.
Bibliografia	V. Franchini, 1969, p. 86; V. Franchini, appunti personali.

In questa cavità vi sono pitture e incisioni di differenti momenti e «stili». Tra le pitture, molte rovinate e semicancellate, prevale l'immagine del bovino, dipinto a solo contorno o a piena campitura. Alcune figure presentano il corpo allungato e le gambe in parallelo, a forma di triangolo (Fig. 75), come nelle tipiche figure del bovino col corpo allungato (per esempio quelli di Zebàn Kebesà I). Le corna sono arcuate e rivolte all'indietro o lunghe e ondeggianti oppure a curve opposte come una S.

Molte immagini sono rapportabili alle pitture di Addì Qansà I e in alcuni casi sembra addirittura di poter riconoscere la stessa «mano», come per esempio in una figura, con testa e zampe a colore pieno ed il corpo a solo profilo, diviso all'interno da una linea a zigzag (Fig. 75). Sotto questo animale si scorge un vitello che succhia il latte, tema che a Cor Sahunè è più volte rappresentato (Fig. 76). Un altro confronto con Addì Qansà II è fornito dall'immagine di un antropomorfo con mani e piedi evidenziati (Fig. 77).

Molto interessanti le incisioni, anch'esse di differenti «stili» e momenti, che sovente si sovrappongono alle pitture. Tra le figure di bovini prevalgono quelle con disegno «a farfalla» o «a bipenne» (Figg. 76 e 78), che appartengono al medesimo codice figurativo di Gamà, Dighim, Soqelà, ecc.... Alcune sono eseguite in modo più grossolano e talvolta sembra che gobbe cer-

Fig. 75 - Cor Sahunè: pitture di bovini con il corpo allungato, che richiamano le immagini presenti ad Addì Qansà I; in particolare la prima in alto con il corpo decorato da una linea a zigzag, che inoltre ha un piccolo sotto di essa (foto Franchini).

Fig. 76 - Cor Sahunè: pitture di bovini (in alto si nota una mucca con vitello) e incisioni di un grande bovino col corpo «a farfalla» e di alcuni antropomorfi estremamente schematizzati (foto Franchini).

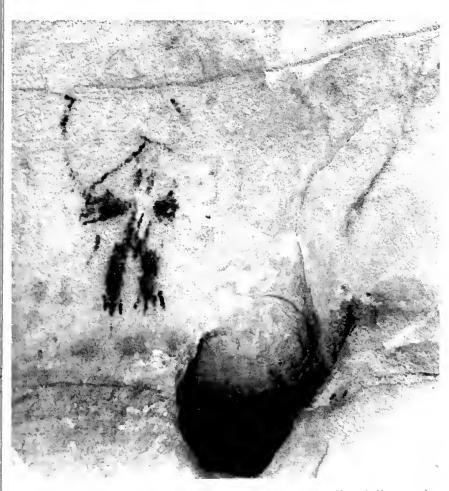



Fig. 77 - Cor Sahunè: figura antropomorfa con le dita delle mani e dei piedi particolarmente evidenziate (foto Franchini).

vico - dorsali e mammelle siano state aggiunte posteriormente. Le figure umane sono molto schematizzate e lineari: alcune sono «ancoriformi», con la testa a volte indicata da un cerchietto, altre sono cruciformi e ancor più geometrizzanti (Figg. 76 e 78).

Sulla parete sono anche presenti alcune linee parallele incise a solco continuo, del tipo identificato come affilatoi.

Fig. 78 - Cor Sahunè: incisioni di bovini e antropomorfi schematizzati. L'immagine fotografica di Franchini ci mostra un palinsesto di figure di diversi «stili» sovrapposte (foto Franchini).

GHEZÀ MOGUNÒ

Ritrovamento	1961, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Tedrer
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Nel vallone a sud di Adì Mocadà.
Morfologia del sito	Cavità.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colore: rosso.
Figure rappresentate	Figure zoomorfe, cavalli, cavalieri, armati e segni puntiformi.
Temi identificati	Scene di combattimento.
Stato di conservazione	Discreto (anni '60).
Bibliografia	Inedita. V. Franchini, appunti personali.

In questa cavità sono state dipinte, in colore rosso, immagini di cavalli molto schematizzate di tipo pettiniforme; alcuni di questi animali sono montati da cavalieri. Vi sono inoltre alcune figure umane appiedate, sempre molto schematizzate.

I personaggi, che a volte mostrano una vistosa acconciatura, sembrano partecipare ad episodi guerreschi. In un caso è evidente lo scontro tra un guerriero armato di lancia, che monta un cavallo sellato ed un uomo a piedi che lo affronta con una corta arma, forse una spada (Fig. 79). Poco a destra, quasi addossata a quest'ultimo, è una strana composizione circolare, sempre in rosso, realizzata probabilmente con impronte di polpastrelli accostati a formare un ammasso di punti. Un altro cavaliere, dalle lunghe gambe, è rappresentato con un'imponente acconciatura che coinvolge e caratterizza tutta la parte superiore del corpo, facendolo somigliare ad un albero.

Franchini segnala nelle vicinanze anche un masso con alcuni graffiti di impronte di piedi.

Fig. 79 - Ghezà Mogunò: scena di combattimento tra un cavaliere e un uomo appiedato, che si relaziona probabilmente anche con un nugolo di punti (foto Franchini).

ZEBÀN ONÀ LIBANÒS I

visitato dal Centro Studi Archeologia Africana nel gennaio 1995

Ritrovamento	1961, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Tedrer
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 1700

	Circa 2 chilometri a sud - est di Adì Mocadà, nei pressi delle cave di silice.
Morfologia del sito	Riparo.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colori: rosso e nero.
Figure rappresentate	Figure antropomorfe, armati e bovini.
Temi identificati	L'icona del guerriero; il pastore guerriero.
Stato di conservazione	Buono con lacune (1995). Cause di degrado: fratturazione della superficie rocciosa, azione degli agenti atmosferici ed essudazioni saline.
Bibliografia	P. Graziosi, 1964b, p. 97, fig.5; V. Franchini, 1969, p. 86; A. Willcox, 1984, pp. 62-64, figg. 7-13; R. Joussaume, 1995, p. 39, fig. 18; G. Calegari, 1996, pp. 31-46, figg. 15-16; G. Calegari, 1998a; C. Franchini, 1996, p. 50, fig. 60.

Il piccolo riparo che ospita le pitture (Fig. 80) si apre alla sommità di una forra che si risale lasciandosi sulla destra le cave di silice. Le figure, che hanno misure varianti dai cm 10 ai 70-80, sono realizzate a piena campitura in colore rosso, tranne una rappresentazione di guerriero di grandi dimensioni, ripassa-

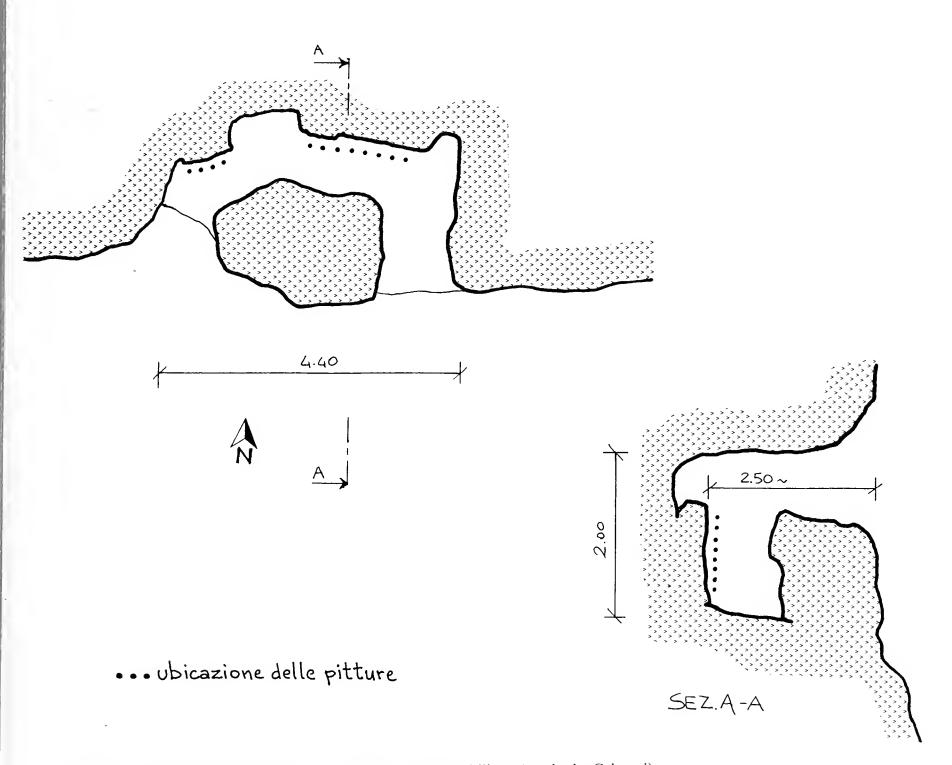



Fig. 80 - Zebàn Onà Libanòs I: rilievo di massima del riparo (rilievo Ansaloni e Calegari).

Fig. 81 - Zebàn Onà Libanòs I: particolare di guerrieri armati intorno ad un bufalo; due personaggi incrociano le lance dinanzi all'animale (foto Calegari).

Fig. 83 - Zebàn Onà Libanòs I: episodi naturalistici: la mungitura, il guerriero appoggiato ad una gamba e due probabili suonatori (foto Calegari).

ta successivamente in nero. Sono state dipinte su pareti lisce aggettanti in due punti della cavità. Quelle di destra sono ben conservate e protette dalla volta del riparo, anche se opacizzate in alcuni punti da un velo di essudazione salina; quelle a sinistra, più esposte alle intemperie e al sole, si presentano molto danneggiate, anche per la grave fratturazione della roccia. Nel complesso, anche se è possibile leggere differenze nello stile e nell'esecuzione delle figure, siamo di fronte ad un insieme coerente per tematiche ed

Fig. 82 - Zebàn Onà Libanòs I: guerriero con lancia e scudo ed un'appendice tra le gambe: forse il sesso o una coda posticcia o un indumento tipo *cache-sexe* (foto Calegari).

istanze figurative, una visione e descrizione della realtà che testimonia un preciso momento dell'arte rupestre etiopico - eritrea.

A Zebàn Onà Libanòs I i bovini non sembrano più essere i principali protagonisti della narrazione, ma ne fanno solo parte cedendo il ruolo principale all'uomo, descritto con un canone che ne mette in risalto la prestanza fisica. L'uomo è figurato con torace allungato, vita stretta e spalle larghe, elegante nella sua immagine, sia nelle descrizioni di personaggi resi con maggior capacità pittorica, sia nelle figure più semplici e schematiche. L'uomo in questo momento si rappresenta chiaramente come guerriero, un guerriero che mostra in modo enfatico le sue lance dalle grandi punte metalliche e i suoi scudi, come a ribadire la sua forza. Un «guerriero esteta», che però non si limita a lasciarci la sua potente icona ma, pur nello schematismo del disegno, ci racconta chiaramente il suo mondo con descrizioni di carattere naturalistico, ove gesti e attività quotidiane sono indicate nei dettagli.

Il guerriero, che quasi sempre impugna la lancia con la mano sinistra, ci mostra a volte un'acconciatura dei capelli «a treccine». In due casi un'appendice bifida pende come una coda tra le sue gambe, forse una sorta di *cache-sexe*, più che un'enfatizzazione del sesso (Fig. 82). Una figura seduta, che pare stia suonando una lira, indossa un perizoma che sembra annodato alla vita.

I «pannelli» dipinti a Zebàn Onà Libanòs I sono probabilmente divisibili in composizioni narrative il cui significato più profondo ci sfugge; possiamo al momento limitarci a cogliere gruppi di figure che ci appaiono associati e che, anche se probabilmente realizzati da artisti differenti, io ritengo contemporanei. Un primo gruppo è quello centrale più in alto, ove campeggia il grande guerriero nero (Fig. 212). Questa figura, probabilmente ripassata successivamente di nero, appare come contornata di colore rosso. Allineati alla sua destra sono altri due guerrieri nella medesima postura e tra di essi, seduto, un personaggio interpretabile come suonatore di lira (Fig. 214). Alla sua sinistra altre pitture di guerrieri sono molto rovinate; più sotto un gruppo numeroso di uomini armati di lancia si agita attorno ad un bovino, probabilmente un bufalo (Figg. 81 e 213).

A destra vi è il momento più naturalistico di Zebàn Onà Libanòs I: un guerriero si riposa in piedi, su di una sola gamba, appoggiato alla sua lancia, così come ancora fanno varie popolazioni nilotiche. Vicino a lui un altro guerriero armato, poi due figure sedute interpretabili come suonatori di lira o tamburo (Figg. 83 e 213). Sotto vi è la bellissima scena di mungitura (Figg. 83 e 215). La mucca, dipinta in rosso con il corpo decorato da linee nere meandriformi, che appena si scorgono, ha le zampe posteriori legate; sotto di essa il mungitore seduto stringe tra le gambe un vaso di forma allungata per raccogliere il getto di latte dalle mammelle. Sempre sotto il ventre della mucca si scorge un vitellino che, come si usa tuttora, è tenuto vicino alla madre per stimolare la secrezione lattea.

La figura di questo bovino presenta con chiarezza quei canoni stilistici che definiscono questo momento e a cui si connetteranno successive schematizzazioni. Anche se in questo caso la figura è naturalistica nei dettagli e nell'impostazione narrativa, il suo corpo è estremamente allungato e dinoccolato; la testa è ben disegnata e le corna sono corte ma a curve stravaganti. Nelle zampe, indicate qui con fedeltà al vero una per una, si coglie quel parallelismo che sarà all'origine di forme sempre più semplificate e schematiche fino al tipo «a pettine».

Le pitture di Zebàn Onà Libanòs I sono dunque legate ad un momento culturale e sociale dominato dalla presenza di pastori guerrieri armati di lance dalla punta metallica, portatori di una visione del mondo fortemente antropocentrica. Nell'ambito etiopico - eritreo rappresentazioni pittoriche che riflettono questo pensiero, con varianti temporali e locali, si ritrovano oltre che a Zebàn Onà Libanòs I, a Zebàn Kebesà I, Zebàn Abùr II, Jago, Emba Celai e, in Etiopia, all'Amba Focadà.

La composizione di sinistra, molto guasta (Fig. 216), lascia intravedere tre personaggi, di cui uno di grandi dimensioni, che non sembrano impugnare armi; per contro è evidente, soprattutto nella figura più grande, la presenza di una lunga fascia tra le gambe che termina con delle frange e che probabilmente rappresenta un indumento del genere *cache-sexe*. Di fianco vi sono due bovini col corpo allungato e più sotto una figura, purtroppo molto rovinata, di un animale dalle lunghe zampe posteriori che ricorda nel suo scatto un felino.

ZEBÀN ONÀ LIBANÒS II

visitato dal Centro Studi Archeologia Africana nel gennaio 1995

Ritrovamento	1961, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Tedrer
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 1700 ~ Circa 2 chilometri a sud - est di Adì Mocadà, nei pressi delle cave di silice.
Morfologia del sito	Banco di arenaria.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colori: rosso e nero (soltanto il sottile profilo di una figura).
Figure rappresentate	Bovini e figure antropomorfe.
Stato di conservazione	Discreto (1995). Cause di degrado: esposizione agli agenti atmosferici.
Bibliografia	Inedita. V. Franchini, appunti personali.

Circa un centinaio di metri sopra il riparo di Zebàn Onà Libanòs I è un pianoro con abbondanti documenti archeologici evidenti in superficie: schegge e lamette di ossidiana e frammenti ceramici riferibili a culture aksumite. Sovrastante questo pianoro, su un banco di arenaria, è identificabile il sito rupestre che abbiamo denominato Zebàn Onà Libanòs II. Le pitture, di colore rosso, sono state eseguite su di uno strato orizzontale di roccia liscia, una sorta di fascia naturale appena protetta dal lieve aggetto dello strato superiore (Fig. 84).

Le figure rappresentano, per quanto è dato attualmente di cogliere, principalmente bovini e qualche antropomorfo appena leggibile e sono realizzate a colore pieno o a solo contorno. Gli animali, anche se

Fig. 84 - Zebàn Onà Libanòs II: la fascia dipinta (foto Calegari).

dipinti da diverse «mani» di artisti, sono rapportabili nella loro iconografia a quelle di Zebàn Kebesà I, Jago, ecc.... Le misure delle immagini più grandi raggiungono i cm 40. La fascia dipinta si presenta come una sorta di palinsesto da cui emerge la visione di una teoria di figure zoomorfe che, in almeno tre casi, sono state disegnate in verticale (Fig. 217).

La prima di queste curiose rappresentazioni, partendo da sinistra, è realizzata a colore pieno e ad essa è sovrapposta una figura di medesima fattura, resa a solo contorno ed in posizione orizzontale (Fig. 85). Il secondo bovino verticale, più grande del precedente, lo segue nella medesima direzione e postura: le zampe anteriori protese in avanti, quasi annaspanti, in sintonia ritmica con lo strano scatto delle zampe posteriori (Fig. 217). Questa figura, rossa a piena campitura, presenta un leggero intervento sul corpo ed un sottile contorno in colore nero. La terza figura di questo genere è un poco più distante e divisa dalle prime da altre pitture piuttosto sciupate. L'immagine, anch'essa sbiadita, è ugualmente quella di un bovino dipinto in posizione verticale, quasi nell'atto di camminare o danzare. Viene quasi spontaneo pensare che si tratti di uomini mascherati o personaggi mitici.

In questa composizione la scelta di disegnare gli animali verticalmente, se non vogliamo credere ad un artificio per rispettare altre figure sottostanti, risponde ad una precisa volontà espressiva. Se si pensa che la parete è orizzontale, stretta e lunga non vi è dubbio che questi bovini «a stazione eretta» stiano a significare qualcos'altro. I bovini antropomorfizzati del resto, se li osserviamo bene, non hanno zoccoli, ma veri e propri piedi.

Fig. 85 - Zebàn Onà Libanòs II: particolare della sovrapposizione di due bovini (foto Calegari).

Nelle immediate vicinanze sono osservabili altri interventi pittorici su rocce e piccoli ripari, come alla base di un grande «fungo» di roccia posto poco più in alto, ma si tratta di immagini pressoché illeggibili (piccole figure antropomorfe e zoomorfe) ridotte a poche tracce di colore. Parimenti gruppi di profonde coppelle si osservano su lastre verticali.

ONÀ ADÌ QANSÀ

visitato dal Centro Studi Archeologia Africana nel gennaio 1995

Ritrovamento	1995, Centro Studi Archeologia Africana.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Tedrer
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 1700 ~ Circa 100 metri dal riparo di Zebàn Onà Libanòs I, nei pressi delle rovine indicate col nome di Onà Adì Qansà.
Morfologia del sito	Cavità.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colore: rosso.
Figure rappresentate	Figure geometriche e figure antropomorfe.
Stato di conservazione	Discreto (1995). Cause di degrado: azione degli agenti atmosferici.
Bibliografia	Inedita.

Sopra la zona d'arte rupestre di Zebàn Onà Libanòs, all'estremità occidentale della cresta del monte, è il sito di Onà Adì Qansà. Si tratta di un ampio spazio caratterizzato dai resti architettonici di un insediamento di cui rimangono muri a secco e cumuli di pietre. Adiacente questo sito è un piccolo e basso riparo sotto roccia che ospita deboli resti di pitture rosse. Si tratta principalmente di figure geometriche cruciformi e circolari, semplici o inquartate (Fig. 218).

Del pari si notano figure antropomorfe (Fig. 219), una delle quali ha le braccia molto larghe a sembrare ali aperte orizzontalmente; altri personaggi sembrano tenere o cavalcare una figura lineare serpentiforme che curva sulla sinistra, ricordando la forma di un falcetto.

MAI QERNÌ

Ritrovamento	1959, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Tedrer
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 1800 ~ Circa 4 chilometri a nord - est del villaggio di Ghennisebà, situato sulla strada Mai Edagà - Mai Ainì.
Morfologia del sito	Cavità nell'arenaria.

Tecnica esecutiva Pittura. Colori: rosso e nero.

Figure rappresentate Figure zoomorfe, bovini, un felino e segni schematici.

Stato di conservazione Buono (anni '50).

Bibliografia V. Franchini, 1969, p. 86; V. Franchini, appunti personali.

La cavità prende il nome da un piccolo corso d'acqua detto Mai Qernì, che scorre in un vallone in fondo al quale si trova l'«acqua santa» di Abbà Libanòs, che nasce da una vasca perenne sotto un piccolo salto di roccia nel letto del ruscello.

Il sito ospita numerose figure dipinte soprattutto in colore rosso e, in misura minore, in nero. I soggetti rappresentati sono principalmente bovini dalle lunghe corna, tracciati con differenti grafie e stilizzazioni (Fig. 86). I bovini dipinti a Mai Qernì rivelano chiaramente il passaggio da figure riconoscibili verso forme semplificate, quasi come ideogrammi, che compaiono anche in altri siti dell'arte rupestre eritrea. Alcune figure richiamano l'animale con una forma ellittica a colore pieno per il corpo, due brevi segmenti per le zampe, un breve tratto per la coda e due linee per le corna, talvolta sinuose e rivolte in avanti, altre volte diritte o curvate all'indietro. In altre figure il disegno delle corna prende il sopravvento ed il corpo si trasforma in una macchia o segmento più o meno provvisto di appendici.

Non mancano figure geometrizzanti, come ovali in cui è tracciato il diametro. Altre rappresentazioni di bovini esprimono invece differenti istanze figurative: si tratta di immagini tendenti a forme simmetriche, nelle quali il corpo dell'animale si stringe al centro, ricordando il motivo della bipenne. La stessa soluzione la troviamo a Cor Sahunè, Addì Qansà I, Edit, Gamà, Ba'attì Meshùl, ecc.... A Mai Qernì alcune di queste immagini di bovini «a farfalla», dipinte in colore nero sulla volta del riparo, sono riconoscibili come *Bos t. prim. indicus* dalla gobba dorsale (Fig. 87).

Fig. 86 - Mai Qernì: figure di bovini in varie fasi di semplificazione e schematizzazione (foto Franchini).

Fig. 87 - Mai Qernì: figure di bovini gibbuti schematizzati in forma di «bipenne» o «a farfalla» (foto Franchini).

Nelle fotografie fornitemi da Vincenzo Franchini è possibile scorgere, anche se in modo non molto chiaro, la figura di un animale con lunghi artigli, interpretabile probabilmente come un leone (Fig. 88).

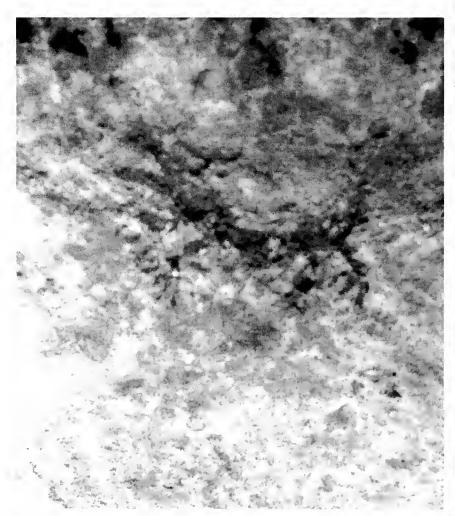



Fig. 88 - Mai Qernì: probabile felino (foto Franchini).

ADÌ UOLEBÀI (BIET HEBÈI)

Ritrovamento	1966, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Tedrer
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Sul lato nord del villaggio di Biet Hebèi, situato a nord di Mai Ainì.
Morfologia del sito	Cavità.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colori: rosso e bianco.
Figure rappresentate	Figure zoomorfe, antropomorfe e cavalieri.
Bibliografia	Inedita. V. Franchini, appunti personali.

La cavità, lunga circa m 30, è situata molto vicina al villaggio di Biet Hebèi e ospita pitture rosse e bianche. Con il colore rosso sono state tracciate figure antropomorfe schematiche; tra queste la tipica rappresentazione dell'uomo a cavallo (Fig. 89), sul quale si scorge la presenza delle briglie e della sella (riconoscibile dai due pomoli) e che è riferibile a periodi recenti.

Altre figure dal disegno più semplice sono del tipo a pettine e si avvicinano a forme geometriche. In alcuni punti della parete Franchini osserva delle «...figure bianche di tipo naturalista e di scadente fattura», che ci dice essere in certi casi sottoposte alle figure rosse.

Fig. 89 - Adì Uolebài: cavaliere (foto Franchini).

BA'ATTÌ ONÀ DI MEBARÒ

Ritrovamento	1960, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Tedrer
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 1700 ~ Circa due chilometri e mezzo a nord di Emba Arbà (detta Adì Arbatè), sopra il piccolo villaggio di Barachit.
Morfologia del sito	Cavità.

Tecnica esecutiva Pittura. Colori: rosso e nero.

Figure rappresentate Un cavaliere e figure geometriche.

Bibliografia L. Ricci, 1960b, p. 123; V. Franchini, appunti personali.

Nei suoi appunti Vincenzo Franchini chiama Ba'attì Onà o Ba'attì Mebarò questa cavità; egli specifica infatti che «...poco sopra la grotta è la regione detta Mebarò» e che «il nome "onà" si riferisce alle rovine che si notano nel ripiano sottostante la grotta». Si tratta di resti di abitazioni circolari o quadrate e rettangolari, attribuite ai Belóu, con tracce di porte costituite da grandi massi addossati ai varchi fra i muri.

La cavità nell'arenaria è lunga all'incirca 6 metri ed è alta poco più di un metro. In essa, tra altre tracce di pitture semicancellate, si scorgono figure geometrizzanti, a volte risultato estremo di schematizzazioni di immagini umane o di animali. I colori sono il rosso e il nero. Alcune pitture hanno tratti più verosimili, tra queste vi è la figura di un uomo a cavallo a colore pieno (Fig. 90). Si scorgono anche composizioni realizzate con serie di punti rossi e neri.

Fig. 90 - Ba'attì Onà di Mebarò: immagine di cavaliere, forse risultato di successivi interventi pittorici (foto Franchini).

EDAGÀ SELLÙS

Ritrovamento 1958, Vincenzo Franchini.

Regione Acchelè Guzai

Distretto Tedrer

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche Un chilometro a valle del ponte sul Fenqaqà della strada Decamerè - Mai Ainì.

Morfologia del sito Rocce di arenaria.

Tecnica esecutiva Incisione.

Figure rappresentate Figure geometriche.

Bibliografia L. Ricci, 1959, pp. 55-56; V. Franchini, appunti personali.

Sulle sponde del torrente Fenqaqà, soprattutto in riva destra, poco a valle della località deserta di Edagà Sellùs che si trova vicino a Ghennisebà, sono visibili, sulle pareti in arenaria, incisioni rupestri erose dalle acque di piena. Tra esse si scorgono principalmente figure circolari divise internamente da croci o reticoli (Fig. 91).

Fig. 91 – Edagà Sellùs: incisioni di figure geometriche, tra le quali cerchi divisi internamente (foto Franchini).

BA'ATTÌ CHELÌT

Ritrovamento	1957, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Tedrer
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 1800 ~ Sul versante destro del Mai Ainì – Ghenzel, circa 2 chilometri a nord - est dalla cavità di Ba'attì Uod Denghezië.
Morfologia del sito	Cavità.
Tecnica esecutiva	Pittura.
Figure rappresentate	Un probabile bovino e una figura antropomorfa.
Temi identificati	Antropomorfo fantastico.
Stato di conservazione	Scadente (anni '50).
Bibliografia	V. Franchini, 1958, p. 49, fig.43; V. Franchini, comunicazione personale.

L'ingresso della cavità è caratterizzato dalla presenza di un masso a forma di parallelepipedo (quasi una barriera naturale), che mostra una «dentellatura» realizzata con una serie di solchi allineati, profondi cm 10 o 12, scavati nel suo spigolo superiore. L'intervento, il cui scopo funzionale o simbolico ci sfugge, dota questo sito di uno spazio particolare e inconsueto.

Le pitture presenti sono ormai ridotte a tracce illeggibili. Si scorge solo una figura ellissoidale, nella cui parte superiore sono tracciati due segni ondeggianti ad indicare le corna, sotto le quali due tratti paiono essere le orecchie, mentre nella parte inferiore sporgono tre corti segmenti. Sembra questa la rappresentazione di un bovino visto prospetticamente dal di dietro.

Non distante, presso la chiesa di Adì Chescì, vi è una figura fantastica e surreale costituita da un cerchio (forse una testa) con quattro trattini sporgenti e due cerchietti interni opposti e tangenti alla circonferenza. La figura poggia su due gambe con piedi ben evidenziati (Fig. 92).

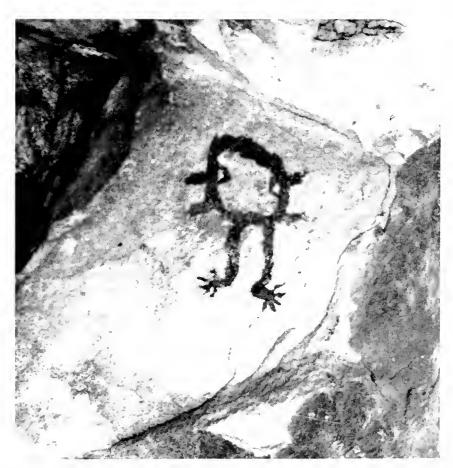



Fig. 92 – Dintorni di Ba'attì Chelìt: figura surreale dalle lunghe gambe, forse uno spirito (foto Franchini).

BA'ATTÌ UOD DENGHEZIÈ

Ritrovamento	1957, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Tedrer

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche Quota: m 1700 ~
Poco più di 2 chilometri a nord di Mai Ainì.

Morfologia del sito Cavità nell'arenaria.

Tecnica esecutiva Pittura. Colore: rosso.
Incisione a martellina.

Figure rappresentate Pitture: figure zoomorfe.
Incisioni: segni schematici e figure geometriche.

Stato di conservazione Pessimo (anni '50). Cause di degrado: esfogliazione della superficie rocciosa.

Bibliografia V. Franchini, 1958, p. 48, figg. 41 - 42.

Sulla parete della cavità, a sinistra, si scorgono incisioni rupestri molto danneggiate per l'esfogliazione naturale dello strato superficiale della roccia. Si tratta di motivi geometrici: cerchi, croci, tratti convergenti a triangolo, tra i quali si scorgono quelle figure a cerchio aperto attraversato al suo interno da tratti paralleli (come una sorta di «pettine curvo» o di E rovesciata), che ritroviamo incisa anche a Endà Abùne Tekhlè, Ba'attì Abba Keisì, Car Saglà, ecc....

All'esterno, sul tetto della cavità, sono dipinte alcune immagini in colore rosso. Chiaramente si scorge un bovino, con il corpo sub-rettangolare e le quattro zampe distinte con tratto sottile diritto. Altre pitture, forse cattive copie della figura del bovino, non sono altro che disegni ovoidali a solo contorno, riempiti di puntini e trattini, da cui sporgono brevi segmenti, forse rappresentazione delle zampe e delle corna.

BA'ATTÌ MOBQUÀL (ZA'ARRÈ)

Ritrovamento 1964, Vincenzo Franchini.

Regione Acchelè Guzai

Distretto Merettà Sebenè

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche Quota: m 1730 ~
Circa 1 chilometro a nord del villaggio di Za'arrè, che si trova 6 chilometri a est di Adì Mocadà.

Morfologia del sito Cavità.

Tecnica esecutiva Pittura. Colore: rosso e bruno.
Incisione.

Figure rappresentate Pitture: figure zoomorfe, principalmente bovini e antropomorfi.
Incisioni: coppelle ovali.

Temi identificati Composizione di coppelle allineate.

Stato di conservazione Pitture: scadente (anni '60). Cause di degrado: azione degli agenti atmosferici.
Incisioni: buono (anni '60).

Bibliografia V. Franchini, 1964b, pp. 101-102, figg. 22-23; V. Franchini, 1969, p. 87; V. Franchini, appunti personali.

La cavità, lunga una ventina di metri ed esposta ad est, conserva numerose pitture, molte delle quali rovinate da dilavamento. Si osservano, anche se confusi, numerosi casi di sovrapposizione.

Tra le figure di animali Franchini cita alcune immagini di bovini confrontandoli, per caratteri iconografici, a quelli di Sullùm Ba'attì. Tra questi alcuni esemplari brachiceri, dipinti in colore rosso molto scurito, presentano la testa dipinta in colore pieno, mentre la pezzatura del manto è resa a punteggiatura (Fig. 93).

Fig. 93 - Ba'attì Mobquàl: immagine di bovide col corpo punteggiato (foto Franchini).

Fig. 94 - Ba'attì Mobquàl: figure antropomorfe del tipo «a zagaglia» (foto Franchini).

A confermare un rapporto artistico - culturale con Sullùm Ba'attì e con altri esempi nella regione, sono anche immagini di antropomorfi molto schematizzati, del tipo detto «a zagaglia» (Fig. 94), che in un caso ben leggibile si presentano affiancati, in fila frontale, secondo quel codice che sembra caratterizzare la raffigurazione dell'uomo presso le popolazioni preistoriche etiopico - eritree di allevatori.

Molto interessante, per il suo forte carattere sim-

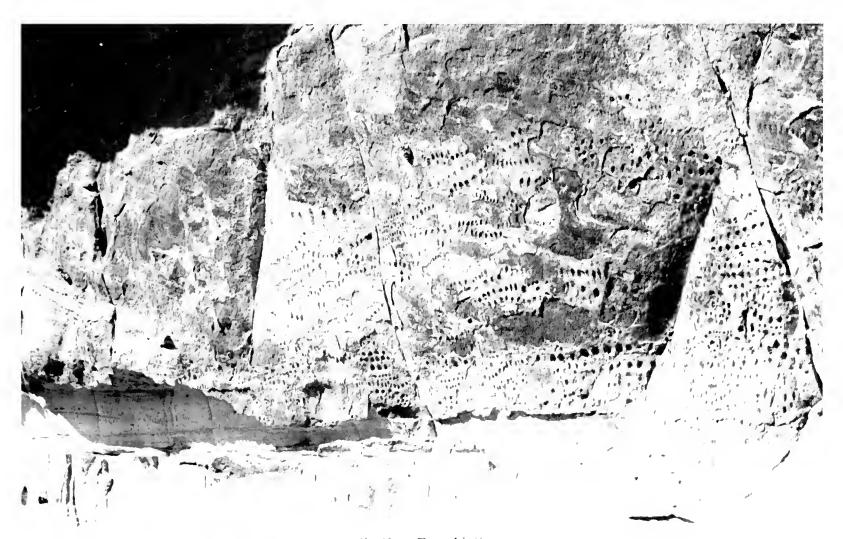



Fig. 95 - Ba'attì Mobquàl: parete ricoperta da coppelle (foto Franchini).

bolico, è poi la presenza sulla parete della cavità, di centinaia di coppelle ovali della dimensione varianti da uno a quattro/cinque centimetri, che formano una serie di lunghe file orizzontali sovrapposte (Fig. 95). Molte di queste fossette si presentano colorate di rosso, più o meno dilavato e richiamano composizioni di punti o macchie, ugualmente disposti, in altre cavità.

Simili interventi di astratta concettualità in luoghi suggestivi come grotte o ripari che ce li hanno conservati, con la loro forza espressiva lasciano intendere, forse più che le immagini figurative e verosimili, quella condizione di ritualità alla base delle manifestazioni di arte rupestre. Lasciano intendere un senso di sacralità nel rapporto con quello spazio di natura che, territorializzato dall'uomo, si trasformerà in spazio di cultura.

Poco più a sud Vincenzo Franchini segnala la presenza di una seconda grotta, nella quale sono alcune immagini poco evidenti, tra le quali una figura umana molto elementare nel disegno.

BA'ÀT AFRÙS (ZA'ARRÈ)

Ritrovamento 1964, Vincenzo Franchini.

Regione Acchelè Guzai

Distretto Merettà Sebenè

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche Quota: m 1730 ~
A metà strada tra il villaggio di Za'arrè e la cavità di Ba'attì Mobquàl.

Morfologia del sito Cavità.

Tecnica esecutiva Incisione.

Figure rappresentate Un bovino.

Bibliografia V. Franchini, 1964b, p. 102; V. Franchini, appunti personali.

Circa a metà strada tra il villaggio di Za'arrè e le cavità dipinte di Ba'attì Mobquàl Vincenzo Franchini segnala la presenza di una cavità che riporta l'incisione di un bovino a dorso dritto.

SOQELÀ (ZA'ARRÈ)

Ritrovamento 1964, Vincenzo Franchini.

Regione Acchelè Guzai

Distretto Merettà Sebenè

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche Quota: m 1730 ~
Tra i roccioni che sovrastano il villaggio di Za'arrè, 6 chilometri a est di Adì Mocadà.

Morfologia del sito Cavità e massi all'aperto.

Tecnica esecutiva Pittura. Colori: rosso e nero.
Incisione.

Figure rappresentate	Pitture: bovini, figure antropomorfe e lineari. Incisioni: bovini e figure lineari.
Stato di conservazione	Incisioni: buono (anni '60). Pitture: scadente (anni '60). Cause di degrado: azione degli agenti atmosferici.
Bibliografia	V. Franchini, 1964b, p. 101, figg. 20-21; V. Franchini 1969, p. 87; V. Franchini, appunti personali.

Soqelà è il nome del sito, tra i roccioni sopra l'abitato di Za'arrè, ove è presente una cavità con incisioni rupestri e pitture. In particolare si nota, tra le incisioni, una figura di bovino non gibbuto patinato come la roccia, di forma simmetrica «a bipenne» e dalle lunghe corna sinuose, che raggiunge la lunghezza di quasi un metro (Fig. 96) ed è giustamente confrontato da Vincenzo Franchini con alcuni esempi del medesimo gusto presenti in una composizione a Carora. Sempre nella cavità vi sono bovini ancor più schematizzati del tipo «a bipenne» (Fig. 97) e altre figure di carattere «astratto» fortemente patinate: si tratta di linee curve parallele tra loro, che talvolta vengono intersecate da una linea retta.

Pitture di colore rosso e nero, raffiguranti bovini a dorso dritto ed egualmente immagini astratte di linee ondulate, secondo Franchini si sovrappongono a queste incisioni, fornendo un'occasione di riflessione cronologico - culturale.

Sono segnalati anche due bovini gibbuti, incisi su uno dei massi antistanti la cavità.

Alcuni metri sopra la cavità vi sono altre pitture di colore rosso. Interessante la figura di un bovino a campitura piena della stessa fisionomia «a farfalla» o «a bipenne», già osservata precedentemente. Una figura antropomorfa, probabilmente posteriore, sembra cavalcare l'animale (Fig. 98).

Fig. 96 - Soqelà: incisione di un bovino macrocero col corpo schematizzato «a bipenne» (foto Franchini).

Fig. 97 - Soqelà: incisione di un bovino schematizzato «a bipenne» (foto Franchini).

Fig. 98 - Soqelà, alcuni metri sopra la cavità principale: pittura di un bovino macrocero col corpo «a bipenne», cavalcato da un antropomorfo (foto Franchini).

NISHTÒ COHÒ

Ritrovamento	1966, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Merettà Sebenè
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 1820 ~ Circa 2 chilometri a ovest/sud - ovest del villaggio di Za'arrè.
Morfologia del sito	Cavità.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colore: nero.
Figure rappresentate	Bovini.
Temi identificati	La mucca con il vitello.
Stato di conservazione	Disomogeneo: da discreto a scadente (anni '60). Cause di degrado: esfogliazione della superficie rocciosa e azione degli agenti atmosferici.
Bibliografia	Inedita. V. Franchini, appunti personali.

Vincenzo Franchini ci fornisce, nei suoi appunti personali, la descrizione delle pitture presenti in questa località, che è la stessa che egli cita (senza dare un nome al sito) alla fine della voce Gobò Adi Ambar nell'articolo del 1969 su *Sestante*, dedicato alle stazioni rupestri dell'Eritrea.

Ritengo opportuno riportare testualmente le parole di Franchini: «La cavità è poco profonda, lunga circa m 6, e presenta un ripiano superiore. È alla quota di circa m 1820. Vi si osservano, dipinti in nero, otto bovini non gibbosi, di cui una vacca con sottostante vitello. Le figure sono esageratamente allungate, e di esecuzione alquanto scadente. Altre sette o otto figure dello stesso tipo si trovano nel ripiano superiore. Qualche figura è in colore pieno, qualche altra presenta invece una divisione a segmenti. L'esecuzione dei due gruppi è un po' diversa l'una dall'altra. Di fronte, 100 m a est, si trova un'altra grotta con poche figure analoghe, di un giallo molto sbiadito» (Franchini, appunti personali).

È innegabile che queste figure siano un'interpretazione personale e locale del bovino a corpo allungato, presente per esempio ad Addì Qansà I, Cor Sahunè, Zebàn Kebesà I e, in tono più naturalistico, a Zebàn Onà Libanòs I. Qui in almeno due rappresentazioni di «mani» diverse è illustrata la scena del vitello che succhia il latte dalla madre (Figg. 99 e 100).

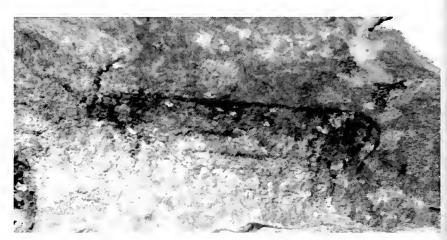



Fig. 99 - Nishtò Cohò: bovino a corpo allungato con un vitello sotto il ventre (foto Franchini).

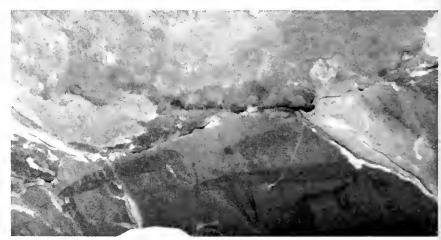



Fig. 100 - Nishtò Cohò: bovini a corpo allungato; quello a destra rappresenta la scena della mucca con il vitello (foto Franchini).

GOBÒ ADI AMBAR

Ritrovamento	1966, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Merettà Sebenè
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 1800 ~ Circa 2 chilometri a ovest/sud - ovest del villaggio di Za'arrè.
Morfologia del sito	Cavità.
Tecnica esecutiva	Incisione a solco continuo.
Figure rappresentate	Bovini.
Stato di conservazione	Buono (anni '60).
Bibliografia	V. Franchini, 1969, p. 87; V. Franchini, 1980, pp. 47-48, figg. 6-7; V. Franchini, appunti personali.

In questa cavità sono presenti due figure di bovini non gibbuti, della lunghezza di circa cm 40, incise in un piano orizzontale, sulla roccia liscia. Gli animali sono resi con lo stesso disegno e gusto grafico che troviamo a Gamà, a Dighim e a Soqelà. Un toro, con il collo allungato e le corna arcuate, presenta una gobba cervico - dorsale aggiunta alla figura in un momento posteriore (Fig. 101). L'altro, più simmetrico nel disegno e con le lunga corna ondeggianti, rivela anch'esso una posteriore e grossolana correzione: quattro trattini sotto il ventre che vorrebbero rappresentare i capezzoli di una mucca (Fig. 102).

Fig. 101 - Gobò Adi Ambar: incisione di un bovino (foto Franchini).

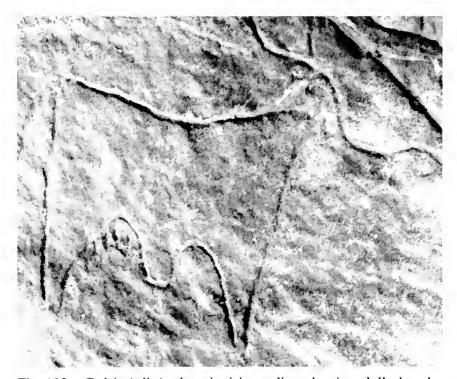



Fig. 102 - Gobò Adi Ambar: incisione di un bovino dalle lunghe corna e dal corpo simmetrico (foto Franchini).

GAMÀ

Ritrovamento	1964, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Loggò Sardà

Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 1550 ~ Nella piana di Hazamò, nel versante sud delle alture sopra il villaggio di Gamà.
Morfologia del sito	Cavità in arenaria e massi all'aperto.
Tecnica esecutiva	Incisione a solco continuo e a martellina.
Figure rappresentate	Massi: bovini. Cavità: bovini, segni schematici e figure antropomorfe.
Stato di conservazione	Buono (anni '60).
Bibliografia	V. Franchini, 1969, p. 87; V. Franchini, 1980, p. 47, figg. 1 - 5; C. Franchini, 1996, p. 54; V. Franchini, appunti personali.

Nella collina di arenaria si aprono, come documentato anche fotograficamente da Vincenzo Franchini, alcune grotte abitate da gruppi Saho (Fig. 103). Presso queste vi sono alcuni massi incisi ed una cavità che ospitano incisioni rupestri realizzate a solo contorno. Le immagini raffigurano bovini simili a quelli di Gobò Adi Ambar, Soqelà e Dighim, con il tipico disegno «a bipenne» o «a farfalla». In alcuni casi le mammelle delle mucche sono figurate da quattro segmenti paralleli ben tracciati sotto il ventre degli animali.

Sui massi sono figurati soltanto animali (Fig. 104), nella cavità sono anche presenti segni «astratti» di carattere simbolico o ideogrammatico ed una figura umana estremamente elementare nel disegno, del tipo «a zagaglia». Sempre in questa cavità è interessante notare la varietà e stravaganza delle corna dei bovini: alcune ad arco stretto ed alto, altre ad arco richiuso, altre ancora ad arco rivolto verso il basso (Fig. 105). Si nota la figura di un bovino realizzato con elegante disegno nella quale sono curati, pur in maniera schematica, alcuni particolari, come ad esempio le

Fig. 103 - Gamà: cavità abitata da genti Sahò, come documentata da Franchini negli anni sessanta (foto Franchini).

orecchie (Fig. 106); questa immagine è rapportabile ad un'incisione presente in località Dighim.

Nelle vicinanze, in località Gual Gamà, Franchini segnala su di una roccia l'incisione rovinata di un bovino e altri segni e scritte.

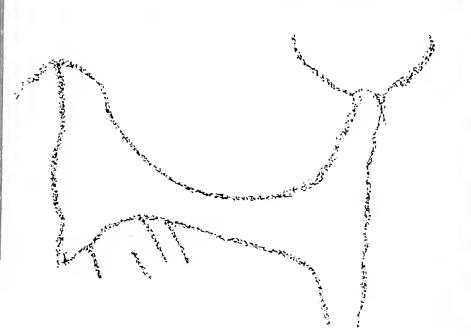



Fig. 104 - Gamà: incisione di bovino (foto Franchini) e sua restituzione grafica.

Fig. 105 - Gamà: incisione di due bovini, rappresentati con differente disegno (foto Franchini).

Fig. 106 - Gamà: incisione di un bovino di elegante fattura (foto Franchini).

DIGHIM

Ritrovamento	1965, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Loggò Sardà
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 1580 ~ Circa 5 chilometri a nord - est di Gamà.
Morfologia del sito	Massi di arenaria ed una cavità vicina.

Tecnica esecutiva Incisione.

Figure rappresentate Bovini.

Stato di conservazione Discreto con lacune (anni '60). Cause di degrado: fratturazione della superficie rocciosa.

Bibliografia V. Franchini, 1969, p. 87; V. Franchini, appunti personali.

In questa località sono presenti incisioni rupestri di bovini non gibbuti a cui, in almeno un caso, è stata aggiunta posteriormente la gobba. In particolare su di un masso è stato inciso un certo numero di figure, con discreta patina, rapportabili come «stile» ad altre simili presenti a Gamà; alcune immagini sono scomparse a causa della frattura della roccia nella parte periferica del masso (Fig. 107).

In una vicina cavità è stata realizzata una figura di bovino, rimarchevole per la sua eleganza, che sembra riassumere nei suoi tratti le caratteristiche di questo codice iconografico. L'animale è stato rappresentato secondo le regole di una precisa stilizzazione di gusto fortemente decorativo, che riduce il corpo del bovino in forma di «farfalla» o «bipenne», decisamente simmetrica (Fig. 108). Da questo semplice disegno di base partono, con grande gusto, due lunghe corna a lira viste frontalmente e sufficienti a suggerire, nel loro restringersi alla base, l'idea della testa, con lunghe orecchie orizzontali. La bella soluzione grafica ci mostra così l'animale con il capo rivolto verso l'osservatore. Quattro tratti verticali paralleli, sotto il ventre, indicano le mammelle e riequilibrano al contempo la composizione della figura nella sua parte bassa.

Fig. 107 - Dighim: masso con incisioni di bovini (foto Franchini).

Fig. 108 - Dighim: incisione di un bovino con corna a lira (foto Franchini) e sua restituzione grafica.

LAMEHÈ

Ritrovamento	1963, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Zerè-Mossì
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°2063 (Loggò Sardà), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 1700 ~ Circa 500 metri a nord di Chernì Mai Ceu.
Morfologia del sito	Masso.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colore: rosso.
Figure rappresentate	Figure zoomorfe, antropomorfe e cavalieri.
Bibliografia	Inedita. V. Franchini, appunti personali.

Su di un grande masso posto alla base di un'alta parete, sono dipinte figure zoomorfe e antropomorfe molto schematiche di colore rosso. Tra le rappresentazioni si scorgono anche alcuni cavalli pettiniformi, sui quali si nota la sella, montati da cavalieri che brandiscono spade.

MAI DUBBURÒ (MAI EZGHÌ)

Ritrovamento	1957, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Deghien
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 1700 ~ Sopra il villaggio di Mai Ezghì, situato circa 11 chilometri ad est della pista Mai Ainì - Tzerenà.
Morfologia del sito	Cavità.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colori: rosso e marrone.
Figure rappresentate	Figure antropomorfe, cavalieri, cavalli, e segni schematici.
Temi identificati	Antropomorfo fantastico.
Stato di conservazione	Buono con piccole lacune (anni '50). Cause di degrado: esfogliazione della superficie rocciosa.
Bibliografia	V. Franchini, 1958, p. 50; V. Franchini, 1969, p. 86.

Sulla parete di fondo di questa cavità, lunga m 40 ed alta m 12, sono state dipinte, in colore rosso e marrone, molte figure dai tratti semplici, oltremodo schematizzate e stereotipe. Le immagini rappresentano principalmente uomini a cavallo ma non mancano personaggi appiedati e segni geometrici (Fig. 110).

Dall'impressione di groviglio e di estrema banalità che questo insieme suggerisce ad un primo sguardo, traspaiono però alcune interessanti volontà descrittive: se ci fermiamo ad osservare attentamente le

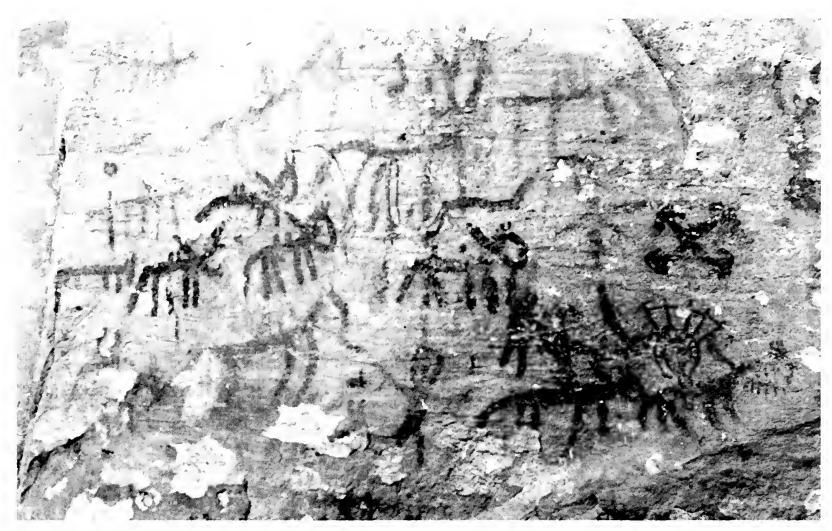



Fig. 109 - Mai Dubburò: particolare con figure di cavalli e cavalieri (foto Franchini).

Fig. 110 - Mai Dubburò: la parete dipinta (foto Franchini).

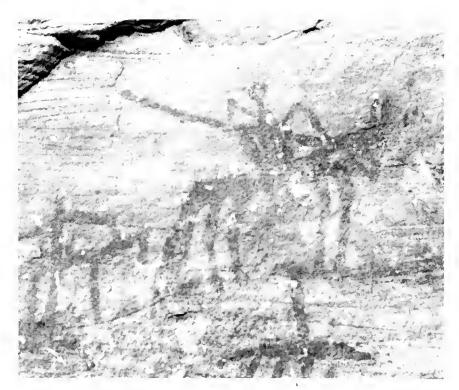



Fig. 111 - Mai Dubburò: un cavaliere armato di lunga lancia (foto Franchini).

Fig. 112 - Mai Dubburò: antropomorfo e cavaliere dalle grandi mani (foto Franchini).

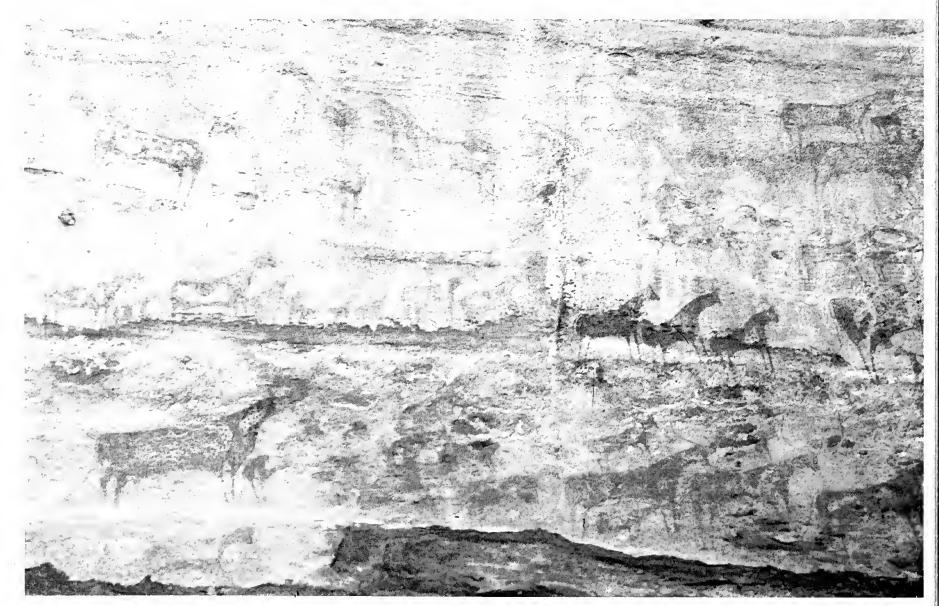
singole figure (a volte solo «pettiniformi», sovrapposte e pasticciate) noteremo una serie di dettagli che per l'esecutore avevano evidentemente un proprio valore narrativo. Sembra di scorgere gruppi di piccoli episodi dipinti in un unico momento, cui ne sono stati aggiunti altri di stile grafico differente, ma che, in qualche modo, partecipano allo stesso «racconto». Nella «matassa» di figure alcuni cavalieri si alternano a uomini appiedati che, in certi casi, tengono la loro cavalcatura per le redini (Fig. 109), mentre in altri si presentano con le braccia allargate o alzate: a volte sono personaggi con una certa descrizione del corpo di cui sono evidenziate mani e acconciature sul capo, altre sono poco più che croci. I personaggi di questo complesso figurativo, pur nella loro schematicità, sembrano insomma gesticolare per raccontare qualche episodio guerresco che ci sfugge. Nei disegni sono descritte briglie e selle di tipo arabo, mentre tra le armi si scorge qualche lunga lancia (Fig. 111). Un cavaliere è come inscritto in un cerchio raggiante. Alcuni personaggi presentano braccia allargate e mani con lunghe dita (Fig. 112), come è possibile incontrare anche in altre località (Zebàn Abùr II, Addì Qansà II, Cor Sahunè, ecc...).

La località di Mai Dubburò è del resto un luogo investito di un forte fascino simbolico, anche solo per la sua condizione naturale. Una fenditura orizzontale, alta un metro circa, alla base della cavità, permette di accedere ad un'altra larga grotta più interna, nella quale è presente una pozza d'acqua perenne. Questa seconda cavità è bassa e per avanzare verso l'acqua si deve procedere a carponi; così è spiegato il toponimo Mai Dubburò, letteralmente «acqua dell'inchino». All'esterno sono presenti su alcuni massi coppelle incise per il gioco del *gãbãtà* ed alcune «marmitte» naturali utilizzate dalle donne per macinare erbe aromatiche usate per profumare i loro capelli.

BA'ATTÌ SULLÙM

visitato dal Centro Studi Archeologia Africana nel novembre 1993 e agosto 1994

Ritrovamento	1952, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Deghien
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 1700 ~ Circa 3 chilometri a nord - est del villaggio di Ghenzabò.
Morfologia del sito	Riparo in roccia basaltica.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colore: rosso in varie tonalità e giallo.
Figure rappresentate	Bovini.
Temi identificati	La mucca con il vitello; la mandria.
Stato di conservazione	Disomogeneo: da discreto a pessimo (1994). Cause di degrado: azione degli agenti atmosferici, velature da essudazioni e interventi antropici.
Bibliografia	V. Franchini, 1952, pp. 47-48, figg. 1-6; P. Graziosi, 1964b, pp. 95-97, plate XIV, fig.4; V. Franchini, 1969, p. 85; A.R. Willcox, 1984, p. 64, figg. 7-12; G. Calegari, 1994a, p. 121; G. Calegari, 1994b; R. Joussaume, 1995, p. 38, fig.15; G. Calegari, 1996, pp. 31-46, figg. 13a-d; C. Franchini, 1996, p. 54, figg. 83,85; G. Calegari, 1998b; V. Franchini, appunti personali.

Le pitture della stazione d'arte rupestre di Ba'attì Sullùm sono poste alla base di un'alta parete basaltica, là dove la roccia rientra a formare un lunghissimo riparo poco profondo, non più di 1 o 2 metri (Fig. 113). Le pitture, che oggi si scorgono, sono poste da 2 a 5 metri di altezza e corrono, come una fascia orizzontale, per un lungo tratto della parete (se ne osservano su una lunghezza di circa 200 metri). In alcuni punti le figure sono numerose e ben leggibili, in altri sono a piccoli gruppi o isolate, a volte appena percepibili.

Nel punto ove è la massima concentrazione di immagini si osservano alcuni ruderi che testimoniano la presenza di edifici, addossati alla parete e abitati sino a non molto tempo fa forse dagli stessi gruppi di pastori che vivono oggi in alcune case poco distanti. La presenza di questi insediamenti sotto le pitture lascia pensare che numerose figure, nella parte più bassa, siano state cancellate, vuoi per mancanza di attenzione verso di esse, vuoi per volontà di distruggere immagini ritenute «negative». Ricorderò che un pastore, interrogato da Vincenzo Franchini, affermò che quelle figure erano opera di cattivi geni (Franchini, 1952). Di fatto si notano sulla parete tracce di percussioni e fratture della roccia. Sulle figure visibili, però, il differente stato di conservazione e di degrado è da attribuirsi all'azione del tempo e degli agenti atmosferici. Le figure misurano mediamente dai 10 ai 30 cm anche se si scorgono tracce di immagini più grandi, come quella evanescente di un bovino giallo. Il colore usato a Ba'attì Sullùm è l'ocra rossa con tonalità che variano dal rosso scuro al giallo arancio; singolarmente le figure sono monocrome.

I soggetti rappresentati in questo importante ciclo pittorico sono esclusivamente bovini, che mostrano sovente lunghe e sottili corna, riconoscibili anche nel caso di figure poco leggibili o con lievi variazioni esecutive (Figg. 114 – 116 e 220 - 226). Gli animali sono qui dipinti a campitura piena o parziale, risparmiando parte della superficie dipinta per mostrare la pezzatura del manto, che si presenta con numerose soluzioni decorative. In alcuni casi alle chiazze di colore pieno si accostano o si alternano dei gruppi di punti, come ciuffi di peli più scuri, che ornano a «moscatura» il mantello dell'animale.

Anche se a Ba'attì Sullùm si possono individuare differenze di «mano», peraltro molto lievi, nell'esecuzione delle pitture, le istanze figurative si affidano ad un codice iconografico che qui raggiunge notevoli risultati estetici. L'artista di Ba'attì Sullùm mira ad un'illustrazione schematica e raffinata dell'animale,

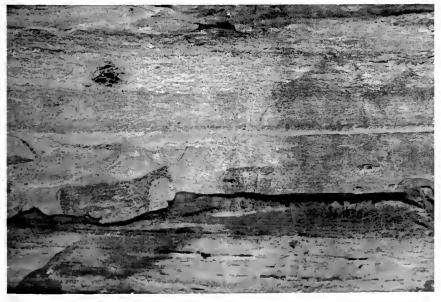



Fig. 115 - Ba'àttì Sullùm: particolare della parete dipinta, sulla quale si nota un'ampia frattura che ha asportato parte delle figure (foto Calegari).

Fig. 116 - Ba'attì Sullùm: immagine di bovino evidenziata con pulizia elettronica, che ha eliminato un velo di essudazione salina. La figura lascia intravedere il disegno di base, sul quale è impostato il corpo dell'animale (elaborazione elettronica De Cola da foto Calegari).

richiamandosi in molti dettagli al verosimile, ma evitando ogni discorso naturalistico, termine con il quale io intendo una descrizione che non si limiti alla fedele illustrazione del soggetto, ma ne descriva i gesti e gli atteggiamenti di tutti i giorni. A Ba'attì Sullùm, invece, i bovini sono decisamente figurati come fossero staccati dalla realtà quotidiana: essi partecipano ad un altro momento, forse più solenne e simbolico, richiamato con allusioni che oggi non è facile cogliere.

Anche lo stesso tema del gruppo di vitelli che succhiano il latte dalle loro madri (Figg. 222 e 223), che potrebbe essere occasione di descrizione naturalistica, è qui trattato come un evento staccato dalla quotidianità, quasi rituale. Questo particolare delle pitture di Ba'attì Sullùm, che costituisce una delle più belle «scene» del ciclo pittorico, è certamente un importante tema simbolico della tradizione degli antichi popoli allevatori etiopico – eritrei; lo ritroviamo infatti pressoché identico anche a Genda Biftou nell'Harar, in Etiopia e, in scenette isolate (di differenti momenti), in molte località dell'Eritrea. Tema simbolico questo, ancor più se si riflette sulle pratiche di allevamento che, per considerare gli esempi etnografici dell'Eritrea, escludono che i vitelli poppino liberamente dalle loro madri (Marchi, 1909; Calegari, 1998b).

Confronti formali o «stilistici» sono possibili tra i bovini di Ba'attì Sullùm, quelli incisi a Temalihè, sempre in Eritrea, altri dipinti a Genda Biftou - Sourrè in Etiopia e la fauna figurata nelle incisioni rupestri del-

l'oued Balho e nelle *falaises* della regione di Dorra nel Gibuti (Joussaume, 1995). Altri confronti, che ci permettono di cogliere affinità con l'arte rupestre del Sahara, si possono poi compiere con le pitture di Hirte Benari nell'Ennedi e Fada (Ciad) (Striedter, 1984) e, come aveva già suggerito Graziosi (Graziosi, 1964b) con le figure dipinte a Àin Dòua e Kargur Talh nel Ghebel Awenat libico - sudanese (Di Caporiacco & Graziosi, 1934; Van Noten, 1978). In queste ultime località oltre a raffronti di carattere formale ritroviamo ancora, anche se espresso in un contesto questa volta più naturalistico, il tema del vitello sotto il ventre della madre.

A Ba'attì Sullùm i bovini sono schematizzati secondo modelli figurativi il cui disegno di base è facilmente riconoscibile e documentato anche da due abbozzi osservabili in basso sul lato destro della parete. Le figure sono impostate su un disegno preliminare molto semplice, praticamente due archi sovrapposti: l'uno che traccia la curva del ventre, l'altro che disegna il dorso e la curva dei glutei, interrotto dal lato opposto da un'appendice a imbuto che disegna il collo (Fig. 225). Si tratta dunque di un modello elementare, quasi calligrafico, ripetibile meccanicamente; un abbozzo di base sul quale realizzare la figura completa dell'animale, aggiungendo la testa, le corna, la coda, gli zoccoli, sagomando con il colore le zampe ed il corpo o sbizzarrendosi in infinite soluzioni pittoriche nelle decorazioni del manto.

Vincenzo Franchini aveva ipotizzato che la località potesse essere stata abitata sin dall'antichità grazie alla presenza di un torrente che scorre un centinaio di metri sotto la parete dipinta; non aveva però rinvenuto alcun manufatto che documentasse archeologicamente tale presenza (Franchini, 1952). Durante le missioni del 1993 e 1994 del Centro Studi Archeologia Africana è stato invece possibile rinvenire schegge, lame e resti di lavorazione dell'ossidiana, nella piana tra Ba'attì Sullùm ed il villaggio di Ghenzabò. Tali documenti, se pur non rapportabili direttamente alla località d'arte rupestre, ci segnalano un sito che merita di essere indagato.

TEMALIHÈ

Ritrovamento	1963, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Deghien
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 1750 ~ A sud del villaggio di Ghenzabò, sul fianco occidentale della montagna nominata Emba Malihè, alla base di una parete.
Morfologia del sito	Parete verticale.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colori: rosso, bianco e nero. Incisione a solco continuo.
Figure rappresentate	Pitture: bovini, cavalieri, armati e figure antropomorfe Incisioni: bovini e giraffe.
Temi identificati	La mucca con il vitello.
Stato di conservazione	Discreto (anni '60). Cause di degrado: azione degli agenti atmosferici e interventi antropici.
Bibliografia	V. Franchini, 1964b, pp. 99-100, figg. 14-17; V. Franchini, 1969, p. 87;V. Franchini, appunti personali.

Si tratta di una importante stazione d'arte rupestre dell'Eritrea, un complesso ancora tutto da studiare, che meriterebbe approfonditi rilevamenti. Alla base di un'alta parete a strapiombo, priva di rientranze o ripari, vi sono pitture e incisioni che documentano, con «stili» diversi e sovrapposizioni, una interessante sequenza cronologica.

Le immagini di cui disponiamo sono quelle rilevate in un primo sopralluogo da Vincenzo Franchini che, a suo stesso dire, non riuscì a fotografare efficacemente molte delle opere più importanti.

Le figure presenti nella zona più alta si sviluppano in una fascia lunga una decina di metri, ad un altezza di 4 - 5 metri. Si tratta di figure di bovini piuttosto sbiadite (più di una trentina visibili dal basso) dipinte in colore rosso e di lunghezza media intorno ai cm 20 (Fig. 117). Gli animali sono stati raffigurati con canoni stilistici rapportabili a un momento antico dell'arte rupestre eritrea e presentano la pezzatura dei manti realizzata con stesure parziali di colore. Tra essi è presente la raffigurazione del vitello sotto il ventre della madre.

Appena sotto è un'altra fascia di figure, questa volta incisioni, realizzate per levigatura che, nella loro zona più alta, si sovrappongono, incidendole, alle precedenti figure dipinte (Fig. 118). Si tratta di bovini con lunghe corna, rapportabili alle figure di Ba'attì Sullùm, resi in modo verosimile e con disegno raffinato, impostato su quel preciso indirizzo di stilizzazione che, a mio avviso, prende le mosse da un momento antico dell'espressione artistica delle culture pastorali dell'Eritrea.

Fig. 117 - Temalihè: pitture di bovini col manto pezzato. Le immagini sono sbiadite ma comunque si può notare al centro un vitello sotto il ventre della madre (foto Franchini).

Queste incisioni sono a loro volta sovrapposte, nella parte più bassa, da dipinti rappresentanti bovini con la gobba (*Bos t. prim. indicus*), rapportabili a quelle di Addì Qansà I. Anche in questo gruppo di pitture si possono notare due rappresentazioni di mucche nell'atto di allattare il vitellino.

Due bovini gibbuti, in colore rosso pieno e di buona fattura, lunghi circa 45 cm, sono stati realizzati nella fascia alta, mentre un altro bovino con la gobba è inciso più a destra. La figura, che presenta una patina

Fig. 118 - Temalihè: incisioni di bovini dalle lunghe corna. Il disegno è riconducibile all'iconografia di Ba'attì Sullùm (foto Franchini).

Fig. 119 – Temalihè: incisione di bovino gibbuto (foto Franchini).

più «fresca» delle altre, è resa con un disegno che alterna curve morbide a forme appuntite (Fig. 119).

Altre pitture, raffiguranti questa volta anche personaggi umani occupano soprattutto la parte centrale del complesso. Fra queste alcuni cavalli dipinti in rosso a piena campitura, cavalcati da uomini di colore bianco e due guerrieri rossi appiedati, armati di lancia (in colore nero) e di un piccolo scudo rotondo (Fig. 120). Questo gruppo di pitture al centro della parete di Temalihè è guastato da una scritta incisa recentemente che Franchini legge «Kahsáy Besserát Assetáh». Più in basso, quasi a livello del suolo di cal-

Fig. 121 - Temalihè: incisioni di due giraffe (foto Franchini).

Fig. 120 - Temalihè: pitture policrome di cavalieri e guerrieri appiedati. Le figure sono guastate dall'incisione di una scritta più recente (foto Franchini).

pestio, vi sono altre figure rosse molto semplificate del tipo definito «pettiniforme».

Uno spigolo verticale, che aggetta alla sinistra della parete, ospita a circa 3,5 m d'altezza due interessanti incisioni realizzate per levigatura. Sono figure di giraffe, forse uniche tra i rupestri eritrei, di cui una è più grande e incisa più profondamente dell'altra che le sta davanti (Fig. 121). Gli animali sono realizzati con disegno semplice che però non lascia dubbi sulla loro identità: il collo lunghissimo termina con una testa piccolissima. Tra le figure realizzate a Temalihè è segnalata anche la presenza dell'immagine di un rinoceronte (Franchini, 1969, p. 87) di cui però non è precisata l'ubicazione sulla parete.

BA'AT AFRÙS I

Ritrovamento 1963, Vincenzo Franchini.

Regione Acchelè Guzai

Distretto Deghien

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche Quota: m 1850 ~
Circa un chilometro a sud - est della località di Temalihè.

Morfologia del sito Cavità.

Tecnica esecutiva Pittura. Colori: bianco e rosso.

Figure rappresentate Cavalli, cavalieri, armati e segni schematici.

Temi identificati Scene di combattimento.

Bibliografia V. Franchini, 1964b, pp. 100-101, figg. 18-19; V. Franchini, 1969, p. 87; V. Franchini, appunti personali.

Le pitture sono state realizzate sotto un'alta parete a picco, che alla base presenta qualche piccola cavità. Per una ventina di metri, ad un'altezza media di due metri, sono dipinte numerose figure in colore bianco e rosso. Si scorgono segni, immagini geometrizzanti e soprattutto figure di cavalli e cavalieri realizzati da differenti «mani» e con diversi «stili», ma tutti di epoca recente. Alcune figure sono semplici «pettini» molto schematici, altre vogliono essere più realistiche. In alcuni animali sono evidenziati gli zoccoli, la criniera, la sella e le briglie; gli uomini brandiscono spade e mostrano diverse acconciature, alcune «a raggiera» (Fig. 122). Anche qui è presente il tema del cavaliere che affronta un guerriero appiedato.

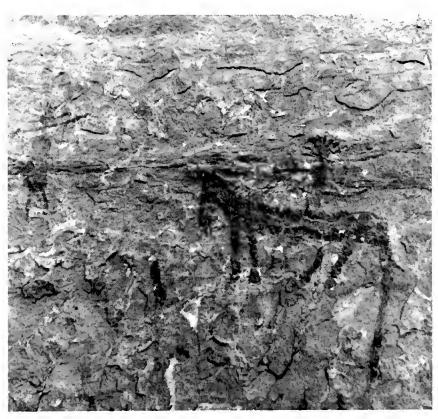



Fig. 122 - Ba'at Afrùs I: cavaliere con acconciatura «a raggiera» e con spada ricurva al fianco; di fronte a lui un altro guerriero appiedato (foto Franchini).

BA'AT AFRÙS II DI BIET SEMAETÌ

Ritrovamento	1964, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Deghien
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Circa un chilometro a sud - est di Addisc Addi, nel fianco meridionale del dosso che fronteggia a est quello di Biet Semaetì.
Morfologia del sito	Cavità.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colori: rosso e nero.
Figure rappresentate	Armati e cavalieri.
Temi identificati	Scene di combattimento.
Bibliografia	V. Franchini, 1969, p. 87; V. Franchini, appunti personali.

Nei suoi appunti personali Vincenzo Franchini divide chiaramente le località di Ba'at Afrùs I e II, indicando anche le diverse date delle scoperte. Ciò, purtroppo, non si evince dalle pubblicazioni (Franchini 1964, 1969): infatti in quella del 1964 egli sembra non aver ancora scoperto Ba'at Afrùs II, mentre nell'indicazione del 1969 l'autore sembra aver riunito i due siti. Nel dubbio mi sono riferito ai suoi appunti personali.

Vincenzo Franchini descrive il sito come una cavità nella quale vi sono figure in colore rosso e nero. Nel complesso prevale la descrizione di scene di combattimento tra cavalieri e uomini appiedati. Le figure umane presentano testa tondeggiante, braccia e gam-

Fig. 123 - Ba'at Afrùs II: scena di cómbattimento tra guerrieri appiedati e un cavaliere. L'uomo a destra imbraccia un fucile (foto Franchini).

Fig. 124 - Ba'at Afrùs II: particolare della figura precedente che mostra guerrieri appiedati, tra cui uno che imbraccia un fucile (foto Franchini).

be sottili e, nei loro gesti, si scorge il tentativo di una descrizione «realistica». I guerrieri sono armati di piccoli scudi rotondi, di spade ricurve e sovente impugnano due lance; interessante la raffigurazione, in un paio di immagini, di uomini che imbracciano armi da fuoco (Fig. 125).

La scena più vivace del complesso dipinto ci mostra un cavaliere circondato da nemici (Figg. 123 e 124). Il guerriero, che monta un cavallo rapportabile ad altri presenti a Ba'at Afrùs I, rivolge con decisione due lance dalla larga punta triangolare verso due pedoni che lo aggrediscono di fronte. L'uno, con un piccolo scudo rotondo, attacca con due lance, l'altro è armato di un fucile o archibugio; un altro guerriero con due lance è alle spalle del cavaliere. Il dipinto ci mostra con forte realismo l'episodio, che suggerisce la violenza del primo impatto frontale, il cui esito sarà poi forse risolto a colpi di spada che, sino a questo momento, tutti i contendenti tengono alla cintura.

Fig. 125 - Ba'at Afrùs II: personaggio armato di fucile (foto Franchini)

In questo gruppo di pitture Vincenzo Franchini cita anche alcune figure nere, dilavate e ricoperte da altre rosse, che ritiene siano le più antiche; tra queste si osserva una figura umana con testa fungiforme.

MAY BA'ATTÌ (BIET SEMAETÌ)

Ritrovamento	1963, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Deghien
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 1670 ~ Circa un chilometro ad est del villaggio di Biet Semaetì.
Morfologia del sito	Cavità.

Tecnica esecutiva	Pittura. Colori: rosso, bianco e nero.
Figure rappresentate	Antropomorfi, cavalieri, cavalli, bovini e altre figure zoomorfe.
Stato di conservazione	Discreto (anni '60).
Bibliografia	V. Franchini, 1964b, p. 99, figg. 12-13; V. Franchini, 1969, p. 87; V. Franchini, appunti personali.

La stazione d'arte rupestre è sita in una cavità alla base di un'alta parete rocciosa e deve il suo nome May Ba'attì («acqua della grotta») ad un tenue rivoletto d'acqua che scaturisce dalla roccia.

In questa cavità sono presenti pitture realizzate in colore rosso, bianco e nero, spesso sovrapposte le une alle altre. Si tratta di immagini, monocrome e policrome (alcune delle quali raggiungono i 50 cm), che rappresentano qualche bovino (*Bos t. prim. indicus*), ma soprattutto cavalli e cavalieri (Fig. 126). Nel complesso, che è attribuibile ad un momento tardo dell'arte rupestre eritrea, si osservano chiaramente due maniere nella realizzazione delle pitture: una più verosimile nella descrizione del soggetto, un'altra più schematica con immagini «pettiniformi».

Le figure più attinenti al vero, anche se molto semplici e *naïf* lasciano intendere un gusto per il particolare, evidenziato con soluzioni pittoriche efficaci e decorative: i cavalieri sono spesso dipinti in colore bianco, mentre i cavalli sono, nei casi più riusciti, completamente rossi, con la coda e il profilo del dorso neri e non mancano altre sottolineature (criniere o zampe) con tocchi di nero o bianco. Le altre figure, più semplificate (Fig. 127), rientrano in quella figurazione tarda, presente in numerose località, caratterizzata da quello scadente ed elementare schematismo che esprime con forme fruste una tradizione figurativa ormai «a corto di fiato».

Fig. 126 - May Ba'attì: figure policrome di cavalieri (foto Franchini).

Fig. 127 - May Ba'attì: immagini schematizzate «a pettine» di cavalli e cavalieri (foto Franchini).

EMBA SIÈ

Ritrovamento	1963, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Deghien
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 1750 ~ Nel fianco meridionale (subito sotto il piano sommitale) di Emba Siè, a nord di Mai Ainì.
Morfologia del sito	Cavità.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colore: rosso.

Figure rappresentate Figure zoomorfe, soprattutto cavalli, cavalieri, figure antropomorfe, segni puntiformi e figure geometriche.

Temi identificati Composizione di punti allineati.

Stato di conservazione Scadente (anni '60). Cause di degrado: azione degli agenti atmosferici.

Bibliografia Inedita. V. Franchini, appunti personali.

Vincenzo Franchini segnala una cavità lunga circa m 50, alta mediamente m 10 e profonda m 7 o 8, interessata da pitture rupestri.

Le figure, in colore rosso, sono estremamente semplici: alcune sono forme geometriche (cerchi e quadrati), altre rappresentano animali, tra i quali cavalli anche montati da cavalieri e figure umane appiedate. Si tratta di immagini per lo più «pettiniformi» rese con disegno estremamente semplificato in un'espressione ormai logora e geometrizzante. Dalle foto forniteci da Franchini si scorge in un punto della cavità una composizione formata da un nugolo compatto di punti (Fig. 128).

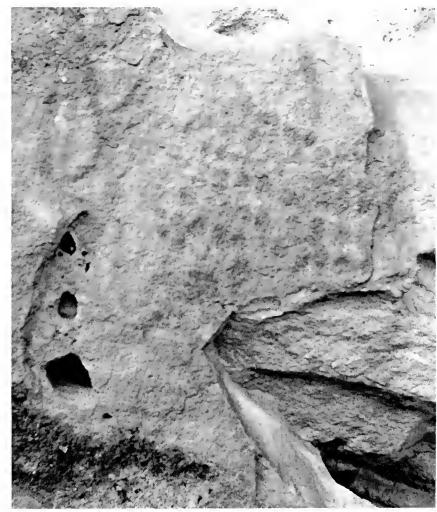



Fig. 128 – Emba Siè: particolare con un'aggregazione di punti in colore rosso (foto Franchini).

MEHBÀ ECLÌ

Ritrovamento 1957, Vincenzo Franchini.

Regione Acchelè Guzai

Distretto Aret

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche Quota: m 2450 ~
Circa 2 chilometri a nord – ovest di Addì Ma'ardà, 1 chilometro a nord della cavità di Gobò Abahà.

Morfologia del sito Cavità.

Tecnica esecutiva Pittura. Colori: rosso e bianco.

Figure rappresentate Bovini, probabili felini, antropomorfi e figure riconducibili ad archi con la freccia incoccata.

Stato di conservazione Disomogeneo: da discreto a scadente (anni '50). Cause di degrado: azione degli agenti atmosferici ed esfogliazione della superficie rocciosa.

Bibliografia V. Franchini, 1958, pp. 5-6, fig.19; P. Graziosi, 1964b, pp. 187,189; V. Franchini, 1969, p. 86.

La cavità è lunga all'incirca m 40 ed è rivolta a nord; secondo Franchini il nome Mehbà Eclì sta a significare «nascondiglio delle granaglie». Sulla parete sono numerose pitture in colore rosso e bianco di differenti periodi o «stili» e parecchie sono le sovrapposizioni. Le immagini sono in molti casi sbiadite e quasi cancellate o guastate dallo sfaldamento della roccia.

Fig. 129 - Mehbà Eclì: pitture di bovini, tra le quali spiccano due grandi animali con il corpo sottile (per gentile concessione di Franchini).

Tra le figure alcuni bovini, che raggiungono in lunghezza i 40 e i 65 cm, presentano il corpo sottile nella parte ventrale e, in un caso, molto allungato (Figg. 129 e 130). Gli animali sono disegnati con perizia e cura per i particolari e mostrano grandi corna di varie forme. Franchini descrive altre figure di bovini differenti per gusto e tecnica esecutiva; in particolare nella parte centrale della parete si osserva un gruppo di animali, principalmente in colore bianco, disposti in file orizzontali l'una sull'altra, che sembrano anteriori ad altri di colore rosso, che si sovrappongono ad essi. Tra le rappresentazioni umane, poco numerose, sembrerebbe esserci un «orante», mentre alcune figure parrebbero dei felini. Vincenzo Franchini pone l'attenzione su otto disegni che egli interpreta come archi con la freccia incoccata (Franchini, 1958, p. 6).

Fig. 130 - Mehbà Eclì: bovino con il corpo sottile ed allungato (foto Franchini).

GOBÒ ABAHÀ

Ritrovamento 1957, Vincenzo Franchini.

Regione Acchelè Guzai

Distretto Aret

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche Quota: m 2450 ~
Un chilometro a nord di Addì Ma'ardà. Circa 4 chilometri a nord - ovest di Auhenè.

Morfologia del sito Cavità nell'arenaria.

Tecnica esecutiva Pittura. Colori: rosso e bianco.

Figure rappresentate Figure geometriche, segni puntiformi, figure zoomorfe ed antropomorfe schematizzate.

Temi identificati Composizione di punti allineati.

Stato di conservazione Buono (anni '50).

Bibliografia V. Franchini, 1958, pp. 6-8, figg. 20-24; P. Graziosi, 1964b, p. 187, plate XXVII, b; V. Franchini, 1969, p. 86.

La cavità, esposta ad est, è situata sull'impluvio un chilometro a nord di Addì Ma'ardà, nella parte alta dello scosceso pendio ed è lunga circa 12 metri; la roccia è l'arenaria.

Le pitture presenti sono quasi tutte di carattere astratto e geometrico, con forme dal gusto decisamente «decorativo». Le figure sono realizzate con colore rosso e bianco, sovente con soluzioni policrome. Nell'insieme prevalgono le immagini circolari, subcircolari e ovalari, con varie soluzioni: a cerchi concentrici, con raggi evidenziati o punti e crocette disposti all'interno o sul perimetro delle figure, in numerose associazioni sempre diverse (Fig. 131). Alcune figure presentano il loro interno decorato «a reticolo» con puntini bianchi in ogni spazio della quadrettatura (Fig. 132). Si osservano anche alcune figure a tratto rettilineo o cruciforme, in certi casi estreme semplificazioni dell'immagine umana o animale, a volte ricoperte da altre figure (Fig. 133). L'insieme delle pitture, confrontabile con quello di Hulùm Barèto e Meteccà Arè, comprende almeno duecento immagini che, data la morfologia della cavità, si sono molto ben conservate. Anche qui è presente quella particolare composizione a linee parallele di grossi punti rossi.

L'insieme figurativo di questa cavità, quasi uno splendido cielo stellato, nello stato in cui ci appare rivela una omogeneità di stile, da far pensare ad un'esecuzione contemporanea, forse di un medesimo artista, della maggior parte delle pitture. Graziosi colloca le figure di Gobò Abahà in un periodo recente, anche posteriore all'avvento del Cristianesimo.

Fig. 132 - Gobò Abahà: composizioni a figure policrome con riquadri e punti (foto Franchini).

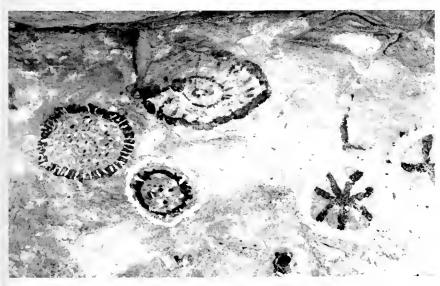



Fig. 131 - Gobò Abahà: composizione a figure circolari policrome con raggi, punti e trattini (foto Franchini).

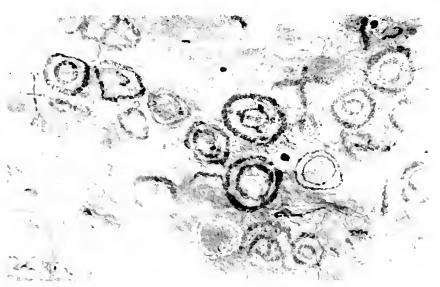



Fig. 133 - Gobò Abahà: composizione di figure a cerchi concentrici, antropomorfi e zoomorfi schematizzati (foto Franchini).

ENDÀ ABBÀ GARIMÀ I

Ritrovamento	1958, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Aret
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 2400 ~ Alla base di una forra boscosa, aperta a nord nel dosso su cui si trova Mendefarà, circa un chilometro ad est di Addì Ma'ardà.
Morfologia del sito	Cavità.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colore: rosso.
Figure rappresentate	Figure zoomorfe, antropomorfe e cavalieri.
Stato di conservazione	Disomogeneo (anni '50). Cause di degrado: azione degli agenti atmosferici.
Bibliografia	V. Franchini, 1960b, pp. 285-286, tav. I; V. Franchini, appunti personali.

Vincenzo Franchini riferisce che la cavità, interessata da pitture rupestri, è sacra al santo Garimà; l'ingresso della grotta è infatti occupato da un edificio adibito al culto. Il sito è alla base di una forra, che ospita un'«acqua santa», sul lato settentrionale del dosso su cui si trova Mendefarà.

Le pitture presenti sulla parete interna della cavità sono di colore rosso e rappresentano principalmente animali (Fig. 134). Franchini descrive una scena di caccia, con un uomo a cavallo armato di giavellotto che insegue un animale dalle lunghe corna, probabilmente un'antilope. L'immagine, a colore pieno, misura in altezza circa cm 20.

Sulla parete esterna della grotta vi sono altre pitture di colore rosso a campitura piena. Tra queste alcune figure antropomorfe e zoomorfe, in qualche caso molto rovinate.

Fig. 134 - Endà Abbà Garimà I: figura zoomorfa, probabilmente un cavallo, dipinto con tratti verosimili (foto Franchini).

ENDÀ ABBÀ GARIMÀ II

Ritrovamento	1958, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Aret
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 2400 ~ Alla base di una forra boscosa, aperta a nord nel dos-

so su cui si trova Mendefarà, circa un chilometro ad est di Addì Ma'ardà.

Morfologia del sito Cavità.

Tecnica esecutiva Pittura. Colore: rosso.

Figure rappresentate Figure zoomorfe (principalmente bovini), antropomorfi, cavalieri, segni schematici e puntiformi.

Temi identificati Scena di aratura; composizione di punti allineati.

Stato di conservazione Discreto con lacune (anni '50). Cause di degrado: esfogliazione della superficie rocciosa.

Bibliografia V. Franchini, 1960b, p. 286, tav. II; G. Forni, 1993, p. 219, fig.5c; V. Franchini, appunti personali.

Fig. 135 - Endà Abbà Garimà II: la parete dipinta (foto Franchini).

Ad una quota più alta rispetto alla prima cavità, distante circa 200 metri, è un'altra grotta «ornata». Le figure, realizzate tutte in colore rosso, si sviluppano su di una lunghezza di circa 5 metri, «affollando» in un punto la parete rocciosa (Fig. 135). Molte si presentano rovinate o poco leggibili e, nel complesso, l'impressione è quella di una serie di successivi apporti figurativi di differenti «artisti».

Le pitture raffigurano bovini, uomini e segni «astratti». Tra gli animali se ne può osservare uno meglio conservato, con il corpo massiccio a colore pieno, le corte zampe e le corna diritte e verticali, seguito da un segno e da una figura umana molto elementare, a mio avviso aggiunti posteriormente, che potrebbero essere interpretati come una scena di aratura (Fig. 136). Altre figure umane presentano vari livelli di schematizzazione, sino ad immagini stereotipe estremamente semplificate, che si confondono con altri segni indistinti tra cui alcuni cruciformi.

Molto interessante è una composizione astratta costituita da una fila di punti ovali, disposta dietro l'animale che partecipa alla scena di aratura. Questa soluzione è rapportabile ad altre simili presenti, con una certa frequenza, nelle pitture rupestri dell'Eritrea. Si tratta della rappresentazione pittorica di un tema che doveva aver avuto successo nella regione in un certo momento. Un tema o solo una semplice descrizione il cui significato ci sfugge ma al contempo ci affascina proprio per l'estrema semplicità e astrazione della soluzione figurativa, che rimanda a molteplici riflessioni.

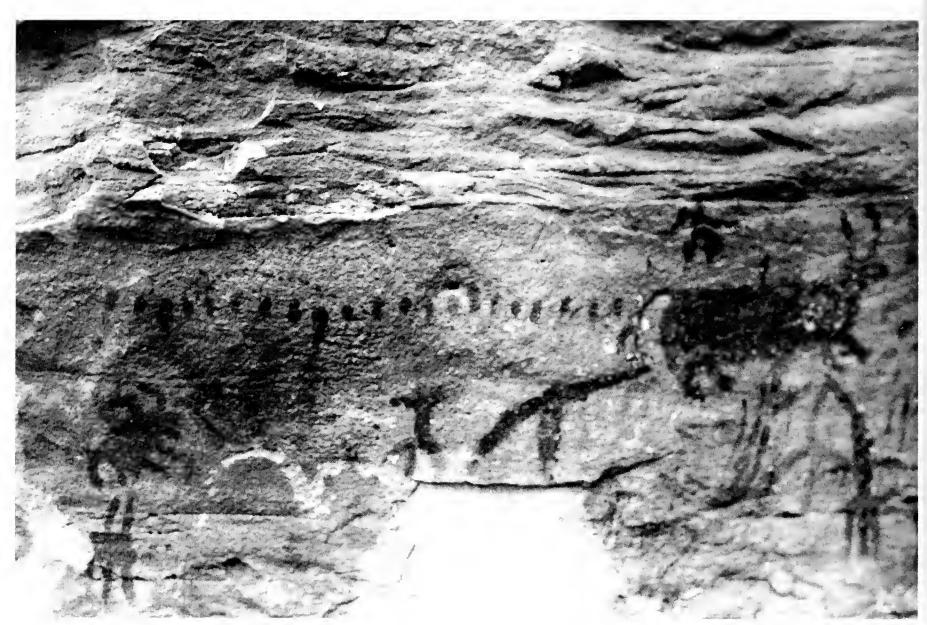



Fig. 136 - Endà Abbà Garimà II: figura di bovino cui sono state affiancate posteriormente altre figure, interpretate come un uomo che guida un aratro (foto Franchini).

BA'ATTÌ TERQÈ

Ritrovamento 1957, Vincenzo Franchini.

Regione Acchelè Guzai

Distretto Aret

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche Quota: m 2400 ~
A metà altezza del fianco occidentale del dosso di Mendefarà, circa 8 chilometri a nord - ovest di Addì Caiè.

Morfologia del sito Cavità.

Tecnica esecutiva Incisione a martellina.

Figure rappresentate Bovini e iscrizioni.

Stato di conservazione Buono (anni '50).

Bibliografia L. Ricci, 1959, p. 55; V. Franchini, appunti personali.

La cavità, lunga all'incirca m 60, è ubicata nei pressi di Mendefarà; in essa sono incise figure di animali e iscrizioni.

Alcuni bovini dalle grandi corna sono schematizzati sul disegno di base della curva ventrale e le loro zampe non sono definite una per una (Fig. 137); altri sono figurati con il corpo allungato e in un caso paiono posti reciprocamente in prospettiva (Fig. 138). In altri casi ancora sono decisamente schematici e semplificati.

Negli appunti personali, che Vincenzo Franchini ci ha gentilmente concesso di utilizzare, egli ci indica che Terqè ha il significato di «fessura o buco nella roccia, ove le api si annidano e fanno il miele». Questi alveari selvatici sono in genere raggiungibili con difficoltà e secondo alcuni la voce si applicherebbe anche a personaggi «difficili da raggiungere».

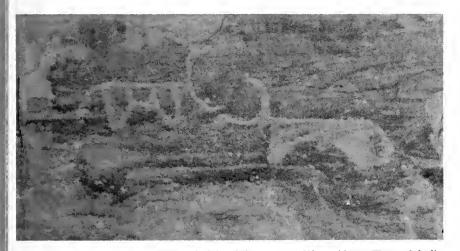



Fig. 137 - Ba'attì Terqè: bovini incisi a martellina (foto Franchini).

Fig. 138 - Ba'attì Terqè: incisione di bovini con il corpo allungato (foto Franchini).

BA'ATTÌ UQÙB

Ritrovamento 1957, Vincenzo Franchini.

Regione Acchelè Guzai

Distretto Aret

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1963 (Digsa), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche Quota: m 2400 ~
Circa un chilometro a ovest del villaggio di Mendefarà, che si trova circa 8 chilometri a nord - ovest di Addì Caiè.

Morfologia del sito Serie di piccole cavità.

Tecnica esecutiva Pittura. Colori: rosso, giallo e nero.
Incisione a martellina.

Figure rappresentate	Pitture: figure geometriche, bovini e altre figure zoomorfe. Incisioni: bovini iperschematici.
Stato di conservazione	Pitture: scadente (anni '50). Incisioni: discreto (anni '50).
Bibliografia	L. Ricci, 1959, p. 55; V. Franchini, 1969, p. 86; V. Franchini, appunti personali.

Nelle cavità, ubicate circa un chilometro a sud - ovest di Ba'attì Terqè, vi sono tracce di pitture rupestri molto tenui, tra le quali si scorgono bovini a piena campitura e altri animali non identificabili, figure geometriche in colore giallo associate a punti neri e disegni geometrici rossi. Vi sono bovini di buona fattura rapportabili al tipo con il corpo allungato, con corna grandi e sinuose (Fig. 139). Le pitture trovano confronto con quelle di Zebàn Kebesà I.

Sono presenti anche interessanti incisioni su piano orizzontale, giustamente confrontate da Vincenzo Franchini con quelle di Ba'attì Abba Keisì; rappresentano bovini estremamente schematizzati nell'immagine delle sole corna (Fig. 140).

Dagli appunti personali di Vincenzo Franchini apprendiamo che Uqùb «...è risparmio, somma affidata a taluno perché la tenga in serbo».

Fig. 140 - Ba'attì Uqùb: incisioni di bovini schematizzati con enfatizzazione delle corna (foto Franchini).

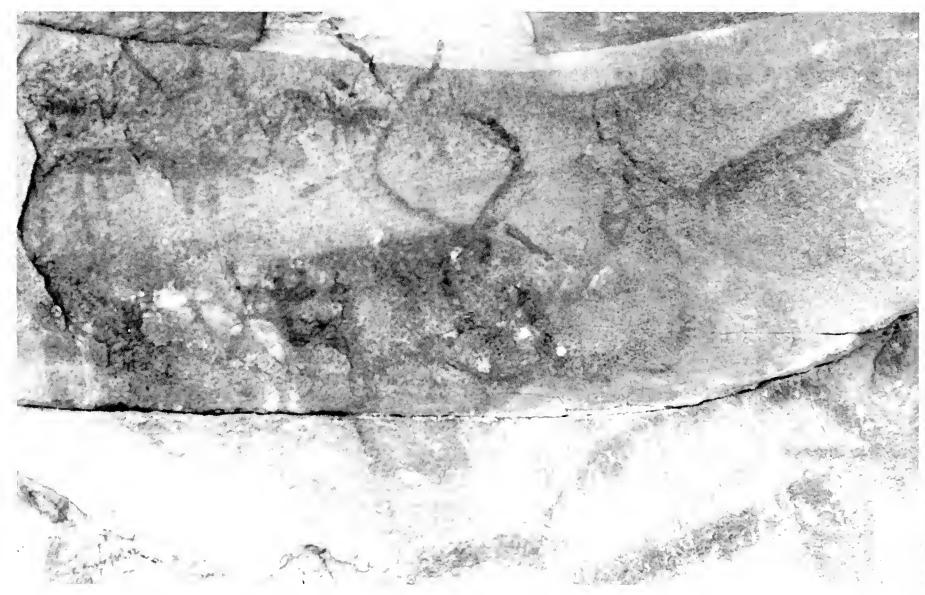



Fig. 139 - Ba'attì Uqùb: figure di bovini con lunghe corna (foto Franchini).

BA'ATTÌ SULLÙM DI AUHENÈ - LAHLAI GHEZÀ (AUHENÈ)

visitato dal Centro Studi Archeologia Africana nel novembre 1993

Ritrovamento	1957, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Aret
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1964 (Addi Caiè), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 2450 ~ Presso il ciglio settentrionale del dosso di Auhenè, accanto al sentiero che porta al villaggio abbandonato di Lahlai Ghezà, situato in cima al dosso.
Morfologia del sito	Cavità.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colore: rosso.
Figure rappresentate	Figure geometriche, antropomorfe, zoomorfe e iscrizioni.
Stato di conservazione	Buono con una grossa lacuna (1993). Cause di degrado: esfogliazione della superficie rocciosa.
Bibliografia	V. Franchini, 1958, p. 9.

Con il nome generico di Ba'attì Sullùm, «grotta dipinta», è indicata questa cavità di erosione, lunga circa 6 metri, alta in media 2 metri e profonda altrettanto, che si apre, assieme ad altre vicine, sotto una piccola parete quasi alla sommità del dosso di Auhenè. La grotta è la più conosciuta tra quelle prossime al villaggio di Auhenè, in quanto posta di fianco al sentiero che conduce a Lahlai Ghezà.

Le figure sono tutte di colore rosso e ricoprono quasi completamente la «grotticella» (Fig. 227) che sembra esser stata scelta tra altre vicine non «ornate». Le figure affollate e in alcuni casi sovrapposte ad altre più sbiadite, rappresentano cavalli, buoi, uomini schematizzati e forme geometrizzanti. Anche se il complesso non rivela certo rupestri di grande antichità, è possibile notare passaggi da figure che, pur semplici e grossolane, vogliono essere in qualche modo verosimili ad altre estremamente stilizzate in modo quasi calligrafico. Le figure umane con braccia sui fianchi si trasformano in Φ (phi), altre sono ancoriformi a più braccia, quasi immagini fitomorfe (Fig. 141).

Numerosi disegni quadrangolari quadrettati all'interno possono essere interpretati come case ed il loro accostamento come immagine di un villaggio, anche se è stata suggerita la raffigurazione di trappole per leopardi (Fig. 142). Numerose le scritte più recenti (nomi di persone), alcune delle quali sono state dipinte dove parte della parete si era esfogliata.

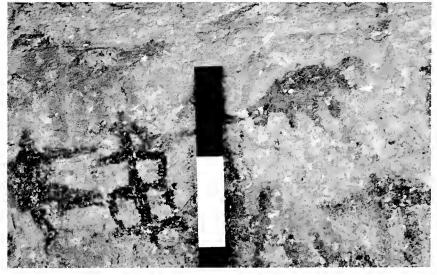



Fig. 141 - Ba'attì Sullùm di Auhenè - Lahlai Ghezà: figure zoomorfe e antropomorfe di semplice fattura (foto Calegari).

Fig. 142 - Ba'attì Sullùm di Auhenè - Lahlai Ghezà: insieme di figure quadrangolari a reticolo: immagine di un villaggio o trappole per leopardi (foto Calegari).

HULÙM BARÈTO (AUHENÈ)

Ritrovamento	1957, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Aret
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1964 (Addi Caiè), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 2450 ~ Poco sotto l'orlo meridionale del dosso di Auhenè, circa 150 - 200 metri più in alto del villaggio di Auhenè (2 chilometri a nord di Hawasù).
Morfologia del sito	Cavità.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colori: rosso e nero.
Figure rappresentate	Figure geometriche, figure zoomorfe schematizzate e segni schematici.
Stato di conservazione	Buono con lacune (anni '50). Cause di degrado: esfogliazione di porzioni della superficie rocciosa.
Bibliografia	V. Franchini, 1958, pp. 8-9, figg. 25-30; P. Graziosi, 1964b, pp. 187,190, plate XXVII, a; V. Franchini, 1969, p. 86.

Fig. 143 - Hulùm Barèto: la parete dipinta, particolare (foto Franchini).

La grotta, lunga una quindicina di metri, si apre nella parte alta di una forra, che è appunto chiamata Hulùm Barèto «forra delle tortore». Nella cavità sono quasi esclusivamente pitture «astratte» di tipo genericamente «geometrico»; prevalgono le forme tondeggianti soprattutto circolari, ovalari e quadrangolari arrotondate. Si osservano anche figure cruciformi, punti e zoomorfi stilizzati «a pettine» (Fig. 146).

Intorno al motivo del cerchio si organizzano molteplici soluzioni compositive: a raggi o a trattini esterni al perimetro, a puntini nell'interno o a cerchi concentrici. In alcuni è tracciato un solo diametro, in altri si intersecano due diametri inquartando la figura; queste soluzioni si integrano reciprocamente in innumerevoli soluzioni di fantasia, estremamente decorative e policrome, in rosso e nero (Figg. 143 e 144).

Alcune figure, ovalari o tondeggianti, sono riempite a reticolo spesso punteggiato al suo interno, mentre altre sembrano creare composizioni di «agglomerati» di reticoli. Gli «orli» di alcune nicchie naturali della roccia sono state ripassate in colore rosso e ne è risultato il disegno di una rete ad anelli (Fig. 145). Complessivamente l'insieme dipinto a Hulùm Barèto è rapportabile a quello di Gobò Abahà e Meteccà Arè e per esse valgono le osservazioni di Vincenzo Franchini a proposito del loro significato, che potrebbe essere di carattere magico religioso piuttosto che indicare segni di riferimento personale di individui o gruppi, o forse esprimere le due cose assieme. Anche se meno plausibile Franchini non esclude che l'espressione pittorica sia rivolta a decorare la grotta per rendere omaggio al luogo sacro. Le pitture di Hulùm Barèto parrebbero realizzate in un unico momento o in tempi molto vicini o essere state periodicamente «rinfrescate». Graziosi non attribuisce a queste opere una grande antichità.

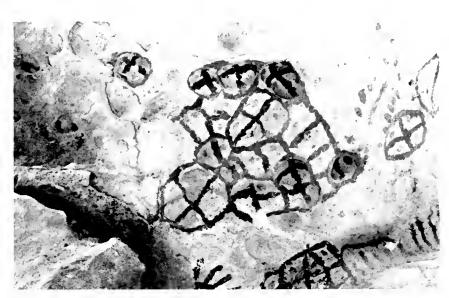



Fig. 145 - Hulùm Barèto: composizione con cerchi inquartati accostati, che segnano l'orlo di nicchie naturali (foto Franchini).

Fig. 144 - Hulùm Barèto: particolare con figure circolari ed ellittiche divise all'interno e cerchi raggianti (foto Franchini).

Fig. 146 - Hulùm Barèto: particolare con zoomorfi schematizzati «a pettine» (foto Franchini).

METECCÀ ARÈ (AUHENÈ)

Ritrovamento	1958, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Aret
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1964 (Addi Caiè), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 2450 ~ Sull'orlo superiore del dosso di Auhenè, circa 80 metri sopra la cavità detta Mogò.
Morfologia del sito	Cavità nell'arenaria.

Tecnica esecutiva Pittura. Colori: rosso e nero.
Incisione.

Figure rappresentate Pitture: figure zoomorfe, tra cui bovini e cammelli, armati, figure antropomorfe e geometriche.
Incisioni: schematizzazioni di bovini.

Temi identificati L'icona del guerriero.

Stato di conservazione Discreto con vaste lacune (anni '50). Cause di degrado: sfaldamento della superficie rocciosa.

Bibliografia Inedita. V. Franchini, appunti personali.

Nella cavità, esposta ad oriente, si scorgono pitture sulla parete, per una lunghezza di circa 50 metri: le immagini appartengono a diversi momenti e «stili» figurativi. Purtroppo il processo di sfaldamento dell'arenaria ha distrutto molte pitture.

Si osservano da sinistra le seguenti figure: una composizione con animali e uomini, i quali impugnano scudi e lance dalla grande punta che, anche se di disegno più scadente, sono rapportabili al tema del guerriero esteta nella sua rappresentazione quale icona. Seguono, dopo un disegno rettangolare, otto segni a E maiuscola rovesciata, allineati come l'estrema riduzione schematica di una fila di animali.

Più avanti, dopo qualche traccia di figura antropomorfa e segni geometrici, è dipinta una figura «ad arco» realizzata con tre semicerchi rossi concentrici, vicino alla quale sono dipinte alcune figure umane schematiche e la figura che Franchini descrive come quella di un cavallo e cavaliere, ma che io ritengo essere quella di un cammello. Subito dopo vi sono due interessanti figure geometriche policrome costituite da cerchi concentrici (Franchini ne conta tredici). A partire da un punto centrale, di colore nero, i cerchi si susseguono con colori alternati rosso - nero (Fig. 147). Si scorgono altri segni geometrici quadrangolari e tondeggianti (Fig. 148), paragonabili alle pitture di Hulùm Barèto e Gobò Abahà.

Si osserva poi un bovino di colore rosso, di buona fattura, dipinto con fedeltà al vero, con ogni probabilità collocabile in un momento antico dell'arte rupestre eritrea (Fig. 149). Dopo altre figure e segni geometrizzanti, tra i quali un altro tondo a cerchi rossi concentrici, si nota una figura umana schematica che sembrerebbe impugnare un arco e sotto ad essa una figura «a pettine» tracciata verticalmente.

Infine altre pitture rosse, tra le quali si scorgono due bellissime immagini: quella di un bovino e quella di un uomo. L'animale è dipinto con il corpo rettangolare piuttosto allungato e decorato internamente «a macchie», la testa è piccola e ben definita con lunghe corna arcuate. La figura umana, molto verosimile, è dipinta a colore pieno ed ha un braccio alzato a

Fig. 147 - Meteccà Arè: figure a cerchi concentrici policromi, immagini zoomorfe e antropomorfe (foto Franchini).

Fig. 148 - Meteccà Arè: composizione con figure geometriche (foto Franchini).

Fig. 149 - Meteccà Arè: figura di bovino dai tratti verosimili (foto Franchini).

reggere sopra la testa una figura ellissoidale allungata che Vincenzo Franchini descrive come un arco. L'altra mano, del resto, sembra stringere un mazzo di frecce (Fig. 150). Queste immagini sono riconducibili alle pitture di Zebàn Kebesà I.

Sempre a Meteccà Arè sono alcune figure incise: si tratta di immagini schematiche che enfatizzano le corna del bovino e che qui sembrano offrire una dimostrazione del processo di stilizzazione dalla figura «a pettine» al segno ideogrammatico (Fig. 151).

Nei pressi Vincenzo Franchini così ci segnala un altro sito di arte rupestre: «In una piccola cavità del versante opposto, circa 200 m a ovest di Hulùm Barèto, e più in basso, sono dipinti in rosso un 25 segni geometrici, in maggioranza circolari, simili a quelli di Hulùm Barèto, ma più piccoli e alquanto deteriorati».

Fig. 150 - Meteccà Arè: bovino e personaggio, forse armato di arco e frecce (foto Franchini).

Fig. 151 - Meteccà Arè: immagini schematiche di bovini con enfatizzazione delle corna (foto Franchini).

MOGÒ (AUHENÈ)

Ritrovamento 1957, Vincenzo Franchini.

Regione Acchelè Guzai

Distretto Aret

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1964 (Addi Caiè), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche Quota: m 2450 ~
Nel fianco orientale del dosso di Auhenè.

Morfologia del sito Cavità.

Tecnica esecutiva Pittura. Colore: nero.

Figure rappresentate Figure geometriche e segni schematici.

Bibliografia V. Franchini, 1958, p. 9.

Fig. 152 - Mogò: pitture in colore nero con figure circolari e quadrangolari divise all'interno (foto Franchini).

Sopra Auhenè, sul fianco orientale del dosso, è ubicata questa cavità nella quale sono presenti poche pitture geometriche in colore nero, rapportabili genericamente a quelle di Hulùm Barèto, ma ritenute da Vincenzo Franchini più recenti. Si tratta di figure quadrangolari e circolari divise all'interno (Fig. 152) e composizioni di segmenti incrociati che ricordano figure antropomorfe schematiche (Fig. 153).

Fig. 153 - Mogò: segni che paiono rimandare alla figura antropomorfa (foto Franchini).

KESAD QERNÌ

Ritrovamento 1958, Vincenzo Franchini.

Regione Acchelè Guzai

Distretto Aret

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1964 (Addi Caiè), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche Quota: m 2400 ~
Sotto il ciglio nord - ovest di Zebàn Abùr.

Morfologia del sito Cavità nell'arenaria.

Tecnica esecutiva	Incisione a martellina.
Figure rappresentate	Bovini, un armato, figure geometriche e iscrizioni.
Temi identificati	Il pastore guerriero.
Bibliografia	L. Ricci, 1959, p. 54; V. Franchini, appunti personali.

La cavità ha una lunghezza di circa 15 metri ed ospita una serie di incisioni realizzate sulla parete di fondo irregolare. La roccia è l'arenaria e le incisioni sono poste sia sulla parete verticale che alla base di essa, in piano inclinato. Vi sono figurati vari bovini, un uomo, disegni geometrici e iscrizioni in caratteri sud - arabici. Le figure, incise profondamente, sono perlopiù di buona fattura e solo poche sono schematizzate grossolanamente.

Interessante la composizione con un uomo dietro un bovino: il personaggio, con uno scudo al braccio sinistro, impugna un'arma dalla larga punta, forse di legno ed è figurato con il busto frontale e le gambe di profilo. Il tentativo è quello di rendere in modo verosimile la figura, realizzata ad incisione piena tranne che nello scudo, come sembrerebbe dalla fotografia di Franchini. Egualmente a incisione piena endoperimetrale è l'immagine del bovino, parzialmente guasto nella parte anteriore per esfogliazione della roccia. L'animale è reso con lo stesso codice figurativo che è possibile osservare a Zebàn Kebesà I o Zebàn Onà

Fig. 154 - Kesad Qernì: incisione con personaggio armato e bovino con il corpo allungato (foto Franchini).

Libanòs I: corpo molto allungato, anche se ben definito anatomicamente e zampe allineate in parallelo. Sotto il ventre dell'animale, dalle foto di V. Franchini, si scorge una strana figura a triangolo isoscele allungato, che ricorda la lama di un pugnale (Fig. 154), ma non è facile affermare questo con precisione , poiché le fotografie forniteci da Franchini rivelano che le immagini sono state ripassate col gesso.

ZEBÀN ABÙR I

Ritrovamento	1956, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Aret
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1964 (Addi Caiè), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 2400 ~ Circa 2 chilometri a nord - est del villaggio di Hawasù, lungo il grande costone di Zebàn Abùr.
Morfologia del sito	Riparo in arenaria.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colore: rosso.
Figure rappresentate	Figure antropomorfe, bovini, segni schematici e puntiformi.
Temi identificati	Composizione di punti allineati.
Stato di conservazione	Discreto con ampie lacune (anni '50). Cause di degrado: esfogliazione della superficie rocciosa.
Bibliografia	V. Franchini, 1958, pp. 1-2, figg. 1-6; L. Ricci, 1959, p. 54; V. Franchini, 1969, p. 86.

Con il toponimo di Zebàn Abùr Vincenzo Franchini qualifica due cavità, relativamente vicine tra loro, interessate da manifestazioni di arte rupestre. Questo nome indica in realtà la metà occidentale di «...un costone che, a sette o otto chilometri a nord di Addì Caiè, si estende per circa quattro chilometri da est a ovest a un'altitudine media di oltre 2400 m, formando la displuviale fra due affluenti di sinistra del torrente Hembertèn, verso il quale precipita scosceso» (Franchini, 1958, p. 1). La metà orientale del costone, che ospita altre stazioni d'arte rupestre è detta invece Zebàn Kebesà. I nomi (a cui noi ci atteniamo) con cui Franchini ha scelto di chiamare questi siti, possono non corrispondere a quelli con cui le cavità sono chiamate dai locali che ci hanno indicato altri toponimi come Mosat Galbà e Leser Guda.

Zebàn Abùr I è un riparo in arenaria, rivolto a sud e lungo una decina di metri, che ospita parecchie pitture in colore rosso, più o meno sbiadite. Vi sono raffigurati bovini, uomini e segni geometrici. I bovini presentano un'estrema schematizzazione della loro figura, al limite dell'ideogramma. Sono figure «a pettine», anche se nessun particolare è tralasciato: corna, orecchie, gobba (sono *Bos t. prim. indicus*), sesso (?) e coda, che assume una forma che ricorda un aratro (Fig. 155). Altri bovini gibbuti sono dipinti in maniera decisamente «ingenua» e grossolana, con una tale torsione prospettica da apparire contemporaneamente visti di fianco e dall'alto, sino a sembrare dei brutti insetti.

Curioso uno strano segno composito nel quale, volendo, è possibile scorgere una figura umana del tipo «ancoriforme» sdraiata orizzontalmente cui si sovrappone ortogonalmente un segno a forcella, forse un bovino. I segni geometrici comprendono croci, cerchi, trattini e punti che, come in numerosi esempi nella regione, si allineano in file orizzontali, singole o disposte parallelamente una sull'altra (Figg. 156 e 157).

Le figure umane, anche se non mancano i semplici ancoriformi, sono soprattutto rappresentate da personaggi disegnati in modo semplice e schematico da cui trapela qualche accenno di forma anatomica.

Fig. 155 - Zebàn Abùr I: bovini schematici e segni cruciformi e puntiformi (foto Franchini).

Fig. 156 - Zebàn Abùr I: particolare con figure antropomorfe e composizione di punti allineati (foto Franchini).

Fig. 157 - Zebàn Abùr I: figure umane con un oggetto ricurvo all'altezza della vita (spade o bastoni); attorno composizioni di punti allineati e croci (foto Franchini).

Gli uomini, come in altre rappresentazioni di guerrieri, hanno a volte le mani sui fianchi e sono dotati di un lungo segmento ricurvo verso l'alto, che sembra sporgere all'altezza del loro bacino (Figg. 156 e 157). Franchini ritiene raffiguri il sesso, ma, osservando bene le figure, quel segno assomiglia piuttosto ad una coda posticcia di felino o, come io ritengo, ad un'arma: una spada se non uno di quei duri bastoni ricurvi a spigolo tagliente in uso tuttora.

In questo riparo le figure sono a volte rovinate a causa dell'esfogliazione naturale dell'arenaria.

ZEBÀN ABÙR II

visitato dal Centro Studi Archeologia Africana nel gennaio 1996

Ritrovamento	1956, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Aret
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1964 (Addi Caiè), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 2400 ~ Circa 2 chilometri a nord - est del villaggio di Hawasù, lungo il grande costone di Zebàn Abùr.
Morfologia del sito	Riparo in arenaria.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colore: rosso.
Figure rappresentate	Bovini, antropomorfi e un cavaliere.
Temi identificati	Scena di aratura; antropomorfo fantastico.
Stato di conservazione	Buono con lacune (1996). Cause di degrado: esfogliazione della superficie rocciosa.
Bibliografia	V. Franchini, 1958, pp. 2-3, figg. 7-8; L. Ricci, 1959, p. 54, fig.4; V. Franchini, 1969, p. 86; P. Farina, in press.

Fig. 158 - Zebàn Abùr II: visione del riparo (foto Cicerale).

Si tratta di un riparo nell'arenaria sito a circa mezzo chilometro da Zebàn Abùr I, rivolto ad occidente (Fig. 158). In esso sono pitture di colore rosso, soprattutto di bovini; molte figure appaiono sbiadite.

Un gruppo di figure di grande importanza, dipinto in una nicchia, è invece ben conservato (Fig. 229). Le figure intere sono sette dipinte a colore pieno (escludendone una molto parziale ed un altro scarabocchio a destra). Si tratta delle raffigurazioni di buoi gibbuti dalle grosse corna descritti in chiave naturalistica con particolare attenzione alle loro posture (Fig. 228); si può osservare il primo animale in alto, che rivolge il capo verso gli altri a dimostrare la padronanza dello scorcio prospettico e la capacità di osservare e descrivere il vero da parte dell'artista. L'eccezionalità di questa composizione è legata al significato della rappresentazione. Basta infatti soffermarsi a considerare gli altri segni, che appaiono tra gli animali, per capire che sono qui dipinte inequivocabilmente scene di aratura (Farina, in press). Due coppie di bovini sono infatti aggiogate all'aratro (che potrebbe essere stato aggiunto posteriormente, se si considera la lieve differenza di colore), rappresentato da un segmento che unisce il collo degli animali e da una lunga linea tra i loro corpi, che termina con un tratto ad angolo a rappresentare il vomere. La prima coppia in alto è chiaramente guidata da un personaggio che tiene nelle mani la stiva dell'aratro. Tale rappresentazione, riconducibile anche in termini figurativi alle note pitture di Amba Focadà in Etiopia, costituisce un notevole documento cronologico - culturale. Forni, riferendosi a Desmond Clark, ritiene possibile che l'aratro rappresentato all'Amba Focadà sia da porsi in relazione all'introduzione, nell'ultimo millennio a.C. dell'agricoltura festucoide (orzo, frumento) dalla Penisola Araba (Forni, 1993, p. 220).

Tra queste figure, mediamente lunghe cm 35, ve ne è anche una molto piccola, probabilmente di un cavaliere. Più a sinistra sono altre rappresentazioni di bovini (simili ad alcuni presenti a Zebàn Abùr I), che a mio parere vogliono imitare quelli più naturalistici, anche se finiscono per assomigliare ad insetti (Fig. 159).

Fig. 159 - Zebàn Abùr II: figure scadenti di bovini gibbuti con lunghe corna; in basso è un personaggio misterioso con mani gigantesche (foto Cicerale).

Interessante la figura di un personaggio itifallico a testa rotonda, dalle lunghe braccia ondeggianti, con grandi mani che sembrano sprigionare energia. Forse l'immagine di uno spirito o di uno sciamano (Fig. 159).

ZEBÀN KEBESÀ I

visitato dal Centro Studi Archeologia Africana nel gennaio 1996

Ritrovamento	1957, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Aret
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1964 (Addi Caiè), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 2400 ~ Circa 2 chilometri a nord - est del villaggio di Hawasù (oltre il villaggio di Onà Ascer), lungo il grande costone di Zebàn Kebesà.
Morfologia del sito	Cavità nell'arenaria.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colori: rosso, giallo, bianco e viola.

Figure rappresentate	Figure zoomorfe, principalmente bovini ma anche fauna selvaggia (felini, kudù e antilopi), figure antropomorfe, armati e cavalieri.
Temi identificati	Il felino che attacca; il pastore guerriero.
Stato di conservazione	Buono con lacune (1996). Cause di degrado: sfaldamento della superficie rocciosa, azione degli agenti atmosferici e interventi antropici recenti (segni e scritte graffiti).
Bibliografia	V. Franchini, 1958, pp. 3-5, figg. 9-16; P. Graziosi, 1964b, pp. 187, 189, fig.7, plate XXVI, b; V. Franchini, 1969, p. 86; G. Calegari, 1996, pp. 31-46, fig.17.

La cavità si apre su quella parte orientale del costone, situato sette o otto chilometri a nord di Addì Caiè, chiamata Zebàn Kebesà (Franchini, 1958, p. 1). È lunga una quindicina di metri ed è esposta a nord - est; la roccia è l'arenaria.

Nel sito sono numerose e interessanti pitture (alcune sono sbiadite, altre ben visibili) dipinte in varie tonalità di ocra: dal rosso al violaceo e al giallo e in colore bianco. Gli «stili» diversi e le sovrapposizioni lasciano intendere interventi pittorici successivi sulla parete.

Anche in questo caso il soggetto maggiormente rappresentato è il bovino (principalmente il *Bos t. prim. macroceros*). Molte immagini, che io ritengo le più antiche di questa cavità, rappresentano l'animale in modo molto verosimile. Nella maggior parte delle volte, però, il bovino è reso secondo quel codice figurativo che porta all'allungamento del corpo che si presenta con le zampe parallele a triangolo allungato e le lunghe corna sinuose. Il «successo» di questa maniera di rappresentare il bovino è, in Zebàn Kebesà I, confermato da «mani» di differenti artisti, che hanno dipinto gli animali con il corpo allungato con «variazioni di stile» personali (Figg. 232 - 235).

In alcuni casi il bovino è dipinto a colore pieno con perizia e gusto, in altri la figura è più semplificata e grossolana; alcune sono rese a solo contorno, magari con il muso e le zampe riempite di colore, mentre altre rivelano soluzioni decorative. Una figura a colore pieno presenta la parte centrale del corpo di colore più chiaro punteggiata dello stesso rosso scuro con cui sono dipinti il treno anteriore dell'animale, le zampe e la coda (Fig. 234), mentre altre, a solo contorno, hanno il corpo quadrettato. Vicino a uno di questi animali (Fig. 233) vi è una figura umana del medesimo gusto: il corpo schematizzato è un rettangolo allungato diviso da trattini orizzontali, come una scala a pioli, la testa è «a bastoncino», le gambe e le braccia sono filiformi. L'uomo ha al suo fianco un'arma, rappresentata con un tratto diritto che si allunga verso la sua sinistra, mentre con il braccio destro sembra appoggiarsi ad un bastone. Altre figure umane, semplici nel disegno, sono isolate o si intravedono tra gli animali, che a volte cavalcano. Tra queste una figura, di cui resta la parte superiore, sembra stringere un grosso pugnale con la punta rivolta in alto, mentre in un altro caso non è chiaro se si tratti di un piccolo scudo (Figg. 160 - 161 e 230 - 231).

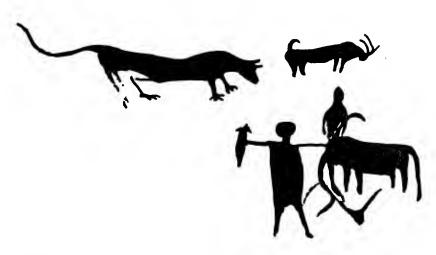



Fig. 160 - Zebàn Kebesà I: particolare con un felino che sembra aggredire un bovide; sotto si scorge un personaggio armato (rilievo di massima di Calegari).

La figura umana più interessante, dal punto di vista artistico e del confronto, si presenta con il torso molto allungato, la vita stretta, le spalle larghe, le gambe muscolose (definite anatomicamente) e la testa e le braccia sottili. Il disegno di questo personaggio, cui posteriormente è stato aggiunto un pugnale al fianco, rivela anch'esso una precisa «cifra stilistica» che caratterizza un certo momento figurativo, associabile alla soluzione grafica del bovino a corpo allungato (Fig. 235). Momento figurativo che trova confronti con le pitture di Zebàn Onà Libanòs I, Meteccà Arè e con quelle etiopiche dell'Amba Focadà.

Tra gli animali rappresentati alcuni si riferiscono alla fauna selvaggia: sembra infatti di scorgere antilopi e, dalle corna ritorte, un kudù. In questo caso l'animale è aggredito alle spalle da un felino, dipinto in

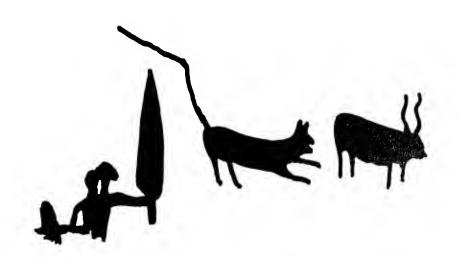



Fig. 161 - Zebàn Kebesà I: particolare con un felino che aggredisce un bovide (kudù); a sinistra un personaggio impugna un'arma dalla grande punta (rilievo di massima di Calegari).

modo essenziale ma efficace (Figg. 161 e 231). Un altro felino, che sembra assalire un caprino, esprime nella sua figura un forte senso di dinamismo e aggressività: il profilo, sinuoso dalla coda al capo, termina bruscamente negli artigli protesi sulla preda (Figg. 160 e 230). Lo scatto terribile del felino, che qui viene ben figurato, trova confronto con i «leoni» dell'Amba Focadà.

Nella cavità di Zebàn Kebesà I sono anche presenti figure più «astratte» di carattere geometrico o di estrema semplificazione: «pettiniformi», anche in colore bianco, alcuni dei quali rappresentano uomini a cavallo (Fig. 235).

Interessante sarà soffermarci su alcuni che paiono veri e propri temi iconografici da noi individuati: in primo luogo, come abbiamo visto, vi è quello del felino che attacca, cui è accostato o si contrappone un uomo armato, anche se aggiunto in un altro momento (Figg. 160 - 161 e 230 - 231); altro argomento, che qui appare almeno tre volte, è quello della coppia di bovini che si affrontano, testa contro testa (Figg. 232 e 233). Vi è poi un tema che sempre si associa alla rappresentazione di bovini con il corpo allungato, in tutte le loro varianti o percorsi iconografici: è quello del guerriero pastore, che accompagna in genere uno o pochi animali (Figg. 233 e 235). É il guerriero esteta, che sovente ci presenta le sue armi di metallo.

ZEBÀN KEBESÀ II

Ritrovamento	1957, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Aret
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1964 (Addi Caiè), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 2400 ~ Circa 2 chilometri a nord - est del villaggio di Hawasù (oltre il villaggio di Onà Ascer), nel dirupato pendio che dal ciglio del costone di Zebàn Kebesà scende nella valletta di Mai Ambesà.
Morfologia del sito	Cavità nell'arenaria.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colore: rosso.
Figure rappresentate	Bovini, figure antropomorfe e geometriche.
Stato di conservazione	Scadente (1993/1994 Tajedim). Cause di degrado: sfaldamento della superficie rocciosa, azione degli agenti atmosferici e velatura da essudazioni.
Bibliografia	V. Franchini, 1958, p. 5, figg. 17-18; V. Franchini, 1969, p. 86.

Questa cavità, più grande della precedente, è «... incisa nel dirupato pendìo che dal ciglio di Zebàn Kebesà scende alla valletta del Mai Ambesà. Dai nativi è detta, con tutto il pendìo, "contotafè"» (Franchini, 1958, p. 5).

Purtroppo a causa del degrado le pitture, che si intuisce dovevano essere numerose, sono andate in massima parte distrutte. Ancora leggibili alcune figure di bovini a piena campitura o, in un caso, a solo contorno con il corpo suddiviso all'interno ed il capo a colore pieno (Fig. 236).

Una figura non identificabile è il disegno di un lungo rettangolo diviso a settori da cui partono, verticali verso l'alto, cinque linee: due sono la continuazione dei lati brevi, le altre sono equidistanti (Fig. 236). La figura richiama fortemente l'immagine di un'imbarcazione.

Sono presenti anche figure geometriche e alcune figure umane a colore pieno, molto semplici, con le braccia curve alzate sopra la testa.

BA'ATTÌ KOBORÒ

Ritrovamento	1956, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Aret
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1964 (Addi Caiè), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 2400 ~ Circa un chilometro a nord - ovest del villaggio di Hawasù.
Morfologia del sito	Cavità.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colore: rosso.
Figure rappresentate	Figure zoomorfe (bovini).
Bibliografia	L. Ricci, 1959, p. 52.

La cavità, sita un chilometro a nord - ovest di Hawasù, conserva pitture di colore rosso raffiguranti figure di bovini.

BA'ATTÌ DONGOLÒ

visitato dal Centro Studi Archeologia Africana nel gennaio 1996

Ritrovamento	1996, Centro Studi Archeologia Africana.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Aret
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1964 (Addi Caiè), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 2300 ~ Dal villaggio di Hawasù verso il villaggio di Onà Ascer, in direzione di Zebàn Kebesà.
Morfologia del sito	Cavità nell'arenaria.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colore: rosso.
Figure rappresentate	Figure zoomorfe, antropomorfe, geometriche e iscrizioni.
Stato di conservazione	Scadente (1996). Cause di degrado: esfogliazione della superficie rocciosa, soprattutto nella parte inferiore e interventi antropici.
Bibliografia	Inedita.

La cavità, scavata per erosione in un banco di arenaria, ospita, dipinte in colore rosso, alcune scritte in arabo, segni, figure schematiche zoomorfe e antropomorfe (alcune richiamano altre figure simili presenti a Meregà Ghedè e a Ba'at Afrùs I). Le immagini sono di difficile interpretazione, sia per l'esecuzione assai scadente che per il cattivo stato di conservazione della parete. Si notano altresì interventi recenti con segni tracciati «a carboncino», tra questi alcune figure di cammelli allineati. Il pavimento della cavità presenta un interessante sedimento terroso.

BA'ATTÌ ONÀ

visitato dal Centro Studi Archeologia Africana nel gennaio 1996

Ritrovamento	1996, Centro Studi Archeologia Africana.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Aret
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1964 (Addi Caiè), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 2400 ~ Dal villaggio di Hawasù verso il villaggio di Onà Ascer, in direzione di Zebàn Kebesà.
Morfologia del sito	Cavità nell'arenaria.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colore: rosso.
Figure rappresentate	Figure antropomorfe, bovini, cammelli, altre figure zoomorfe, figure geometriche e iscrizioni.
Stato di conservazione	Discreto con lacune (1996). Causa di degrado: esfogliazione della superficie rocciosa.
Bibliografia	Inedita.

La cavità, scavata dall'erosione nell'arenaria (Fig. 162), presenta sulla sua parete un complicato palinsesto di figure schematiche, segni e scritte dipinti in rosso, con varie tonalità e con sovrapposizioni. Prevale su tutte le rappresentazioni quella della figura umana (sovente con le braccia allargate) realizzata con molti «stili» diversi. Nel loro schematismo possiamo affermare che le figure umane, in quelle che ci sembrano le rappresentazioni più antiche, siano rapportabili al tipo «ancoriforme» con il corpo lineare allungato, discostandosi dalle più numerose e recenti immagini di uomini con le braccia allargate e le grandi mani. Alcune figure umane sono dipinte all'interno di una linea circolare; si tratta probabilmente della rappresentazione di un'abitazione (Fig. 237).

Altre pitture rappresentano animali schematizzati, numerose immagini pettiniformi e figure geometriche (quadrati e rettangoli divisi in reticoli, croci semplici o inscritte in un cerchio). Si scorgono inoltre semplici figure di cammelli. Si osserva anche una strana figura che appare come un essere con sei braccia e col corpo rettangolare (Fig. 237). Inoltre sono presenti varie scritte in arabo.

Bella la rappresentazione, in una piccola conca, di due bovini di colore violaceo con il corpo allungato e interamente dipinto (Fig. 238). Il più visibile dei due mostra grandi corna arcuate e una testa ben disegnata, è ben evidenziato anche il dettaglio degli zoccoli. Questa figura è posta in relazione a due segni lineari, il primo che si incrocia con il collo e le zampe, il secondo che attraversa il corpo dell'animale e termina nella parte superiore con due tratti che lo fanno assomigliare al tipo di antropomorfo «a zagaglia».

Fig. 162 - Ba'attì Onà: la cavità (foto Cicerale).

La cavità è soggetta a continua erosione che ha guastato molti parti dipinte; il suolo di calpestio presenta un certo sedimento terroso.

AKEZAZAA ARAH

Ritrovamento 1993/1994, Tajedim Nuredaim Yusuf.

Regione Acchelè Guzai

Distretto Aret

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1964 (Addi Caiè), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche Quota: m 2400 ~
Nei pressi del villaggio di Abur Guda.

Morfologia del sito Cavità nell'arenaria.

Tecnica esecutiva Pittura. Colore: rosso.

Figure rappresentate Figure zoomorfe (principalmente bovini), figure antropomorfe, armati e un cavaliere.

Temi identificati L'icona del guerriero.

Stato di conservazione Disomogeneo: da discreto a scadente (1993/1994). Cause di degrado: esfogliazione della superficie rocciosa e azione degli agenti atmosferici.

Bibliografia Inedita.

Il sito è stato documentato nel 1993/94 da Tajedim Nuredaim Yusuf, allora Direttore del Museo Nazionale dell'Eritrea. Sulla parete di arenaria della cavità sono dipinte in rosso figure zoomorfe e antropomorfe di diversa qualità stilistica e di diversi momenti.

Alcune figure di bovini sono decisamente schematiche e scadenti, altre sono di ottima fattura anche se di «mani» diverse. Si nota un bovino con il corpo allungato, la coda a fiocco e uno splendido paio di corna a lira (Fig. 239). Alla sua sinistra due figure umane viste frontalmente sembrano tenersi l'un l'altro un braccio sulla spalla; uno dei due tiene verticalmente una lancia dalla larga punta. Una simile rappresentazione è presente due volte anche a Jago.

Più sotto è visibile un cavaliere e altre figure molto sbiadite. Tra le pitture è presente un particolare frammentario di straordinaria bellezza. Si tratta della testa di un bovide (probabilmente un'antilope) il cui corpo è andato distrutto per lo sfaldamento del supporto roccioso (Fig. 240). Questo particolare pervenutoci ci lascia scorgere una figura resa con grande eleganza e fedeltà al vero. Le corna in giusta prospettiva, il disegno e la proporzione della testa ci rivelano la presenza di un importante personalità artistica di cui, per il momento, possediamo solo questo frammento poetico.

FEQYÀ

Ritrovamento 1956, Vincenzo Franchini.

Regione Acchelè Guzai

Distretto Aret

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1964 (Addi Caiè), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche Quota: m 2400 ~
Su una collina rocciosa circa 2 chilometri a sud - est del villaggio di Hawasù.

Morfologia del sito Cavità.

Tecnica esecutiva	Pittura. Colore: rosso.
Figure rappresentate	Figure zoomorfe, una figura antropomorfa e iscrizioni.
Bibliografia	L. Ricci, 1959, p. 52.

Un gruppo di pitture rosse si trovano in una cavità presso la località di Feqyà. Vi sono rappresentate figure zoomorfe (non precisate) ed un personaggio umano inscritto in un cerchio di puntini. Vicine sono pure iscrizioni in caratteri etiopici antichi anch'esse dipinte.

EMBA TELBÀ

Ritrovamento	1957, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Zebaontì
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1964 (Addi Caiè), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 2400 ~ Circa 3 chilometri a nord di Addì Caiè.
Morfologia del sito	Due cavità.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colore: rosso.
Figure rappresentate	Figure zoomorfe, cavalieri e figure antropomorfe.
Stato di conservazione	Scadente (anni '50).
Bibliografia	L. Ricci, 1959, p. 55; V. Franchini, appunti personali.

La stazione d'arte rupestre si compone di due piccole cavità rivolte a oriente, sulle pareti delle quali si osservano, piuttosto sbiadite, alcune pitture di colore rosso. Nella cavità di destra vi sono figure zoomorfe ed un cavaliere; quest'ultimo è realizzato con discreta verosimiglianza, mentre l'animale appare esageratamente piccolo rispetto all'uomo (Fig. 163). Questa sproporzione lascia pensare che il personaggio e la sua cavalcatura siano state realizzate in momenti successivi, ma la semplice osservazione di vecchie fotografie in bianco e nero non ci permette di affermarlo.

Nella cavità di sinistra sono egualmente figurati uomini e animali. Dalle immagini fornitemi da Franchini si può osservare, sulla sinistra in alto, una figura sbiadita che parrebbe un bovino con il corpo allungato; al centro una figura umana che, con il braccio destro alzato, impugna un'asta, mentre non è chiaro se il sinistro sia ripiegato o anch'esso impugni un'asta rivolta in basso. Sopra questa immagine è rappresentata una figura zoomorfa pettiniforme.

Fig. 163 – Emba Telbà: cavalieri e altre figure zoomorfe di difficile lettura (foto Franchini).

UNGULLÈ

Ritrovamento	1955/1956, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Zebaontì
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1964 (Addi Caiè), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Verso il ciglione ovest dell'altopiano di Ungullè, 5 o 6 chilometri a nord - est di Addì Caiè, fra la valle dello Haddas e quella dell'Hembertèn, subito a sud di Zebàn Duriyà.
Morfologia del sito	Due gruppi di rocce.
Tecnica esecutiva	Incisione.
Figure rappresentate	Figure zoomorfe.
Bibliografia	L. Ricci, 1956, p. 407.

Sulla superficie liscia ed inclinata di due gruppi di rocce, esposte ad ovest, distanti l'uno dall'altro una cinquantina di metri, sono incise figure zoomorfe. Si tratta di animali con le corna, probabilmente bovidi, della lunghezza variante dai cm 10 ai cm 35. Le figure (circa cinquanta) si presentano molto corrose.

Scendendo sul sentiero da Ungullè allo Hembertèn si trova una grotta con tracce di pitture rosse raffiguranti animali.

ZEBÀN AW'ALÒ

Ritrovamento	1900, Carlo Conti Rossini e Filippo Marazzani Visconti Terzi.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Zebaontì
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1964 (Addi Caiè), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Nei fianchi del monte Aw'alò.
Morfologia del sito	Cavità nell'arenaria.
Tecnica esecutiva	Pittura.
Figure rappresentate	Bovini.
Bibliografia	C. Conti Rossini, 1900, pp. 108-109; C. Conti Rossini, 1928, tav. LV; L. Ricci, 1960b, p. 123.

In una grotta sul fianco del monte Aw'alò, ove è presente un'iscrizione già illustrata da Conti Rossini (Conti Rossini, 1928, tav. LV), si scorgono pitture, alcune delle quali in cattivo stato di conservazione. Sono figurate immagini di bovini e altri «disegni» non precisati.

ZEBÀN IMBÀ

Ritrovamento 1900, Carlo Conti Rossini e Filippo Marazzani Visconti Terzi.

Regione Acchelè Guzai

Distretto Zebaontì

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1964 (Addi Caiè), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche Nei fianchi di Zebàn Imbà.

Morfologia del sito Cavità.

Tecnica esecutiva Pittura.

Figure rappresentate Figure antropomorfe.

Bibliografia C. Conti Rossini, 1900, pp. 108 - 109.

Conti Rossini, nel riferire di opere d'arte rupestre presenti in «concavità» sui fianchi scoscesi del Cohaito (Conti Rossini, 1900, pp. 108 - 109), cita una cavità nei fianchi di Zebàn Imbà, mostratagli dal tenente Marazzani. In essa l'autore segnala rappresentazioni di figure umane.

ISCMELÈ I E II

visitato dal Centro Studi Archeologia Africana nel dicembre 1994

Ritrovamento 1957, Vincenzo Franchini.

Regione Acchelè Guzai

Distretto Zebaontì

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1964 (Addi Caiè), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche Quota: m 2300
In prossimità della strada Asmara - Senafè, pochi chilometri prima di Addì Caiè, in località Metabò.

Morfologia del sito Due ripari.

Tecnica esecutiva I riparo: pittura. Colore: rosso.
II riparo: pittura. Colore: nero.

Figure rappresentate I riparo: bovini e antropomorfi.
II riparo: bovini e antropomorfi.

Temi identificati I riparo: il gruppo degli uomini allineati; la mucca con il vitello; la mandria.
II riparo: la mandria.

Stato di conservazione I riparo: discreto (1994). Cause di degrado: esfogliazione della superficie rocciosa e azione degli agenti atmosferici.
II riparo: scadente (1994). Cause di degrado: interventi antropici (guasti dovuti a fuoco e fumo).

Bibliografia

V. Franchini, 1958, p. 50, figg. 45-46; P. Graziosi, 1964b, p. 187, fig.8; G. Calegari, 1996, pp. 31-46, figg. 5-10, 12.

In questa stazione d'arte rupestre le pitture sono state realizzate sulle pareti di due ripari rivolti a nord - est a quota 2300 m, vicinissimi tra loro, che sono stati da noi indicati Iscmelè I e II.

Iscmelè I

Nel primo riparo, che si presenta come una «conca» scavata dall'erosione nell'arenaria (Figg. 164 e 165), le pitture si mostrano realizzate in due composizioni, una con solo figure umane, l'altra di soli bovini. Tutte le pitture di Iscmelè I sono in colore rosso (Fig. 242).

I due gruppi si presentano dunque separati, uomini a sinistra e animali a destra, senza una apparente connessione simbolico - narrativa, che non sia una sorta di intesa misteriosa che si coglie tra i due pannelli, forse suggerita da un segno rosso fra i due gruppi, interpretabile come un paio di corna rivolte verso le figure umane. Queste, in numero di otto, si presentano frontalmente in una composizione ad andamento orizzontale (Fig. 243). Purtroppo le pitture, realizzate in una cavità poco aggettante, con limitata protezione dagli agenti atmosferici, hanno subito gravi danneggiamenti. Il pigmento è infatti, in vari punti, caduto per esfogliazione del supporto roccioso, tant'è che dell'ultimo personaggio di destra non restano che poche tracce di colore.

Le figure che compongono il gruppo hanno misure intorno ai 17 cm e rivelano, nel loro disegno e impostazione compositiva, quelle precise istanze figurative nella descrizione del gruppo di uomini, che mi ha spinto a definirle come «testimoni impassibili» ed a porle senza dubbio in relazione con i bassorilievi di Daarò Caulòs e Ba'attì Mariam. Ad Iscmelè I i personaggi si presentano in posizione frontale, identici e immobili, allineati in una posa esasperatamente ferma e carica di tensione, come seguissero il ritmo di una danza statica.

Gli uomini hanno testa tondeggiante, spalle larghe e arrotondate, vita stretta e braccia pendenti lungo il corpo leggermente allargate. Nelle figure meglio conservate le mani si scorgono ben evidenziate, dito per dito, mentre le gambe, muscolose, poggiano su piedi piccoli allargati verso l'esterno (Fig. 241). Mancano particolari attributi ed alle figure non sono associate armi, oggetti o dettagli di abbigliamento. I personaggi sono resi con una certa dose di astrazione, ma secondo uno schema che mette in risalto l'evidenza del corpo, assolutamente antropomorfo nella sua apparizione sintetica.

L'altra composizione, a 42 cm sulla destra, è di tutt'altra natura. In essa sono rappresentati solo bovini, dalle lunghe e robuste corna: una mandria, rivolta verso destra, come se si allontanasse dalle figure umane (Fig. 166).

I bovini, di cui 17 sono evidenti, mentre altri più

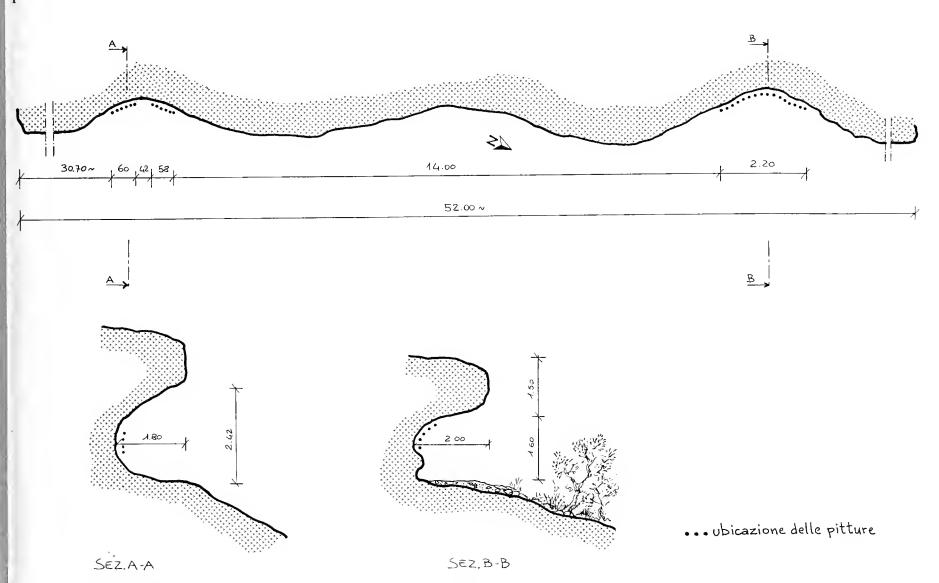



Fig. 164 – Iscmelè I e II: rilievo di massima dei due ripari (rilievo Ansaloni e Calegari).

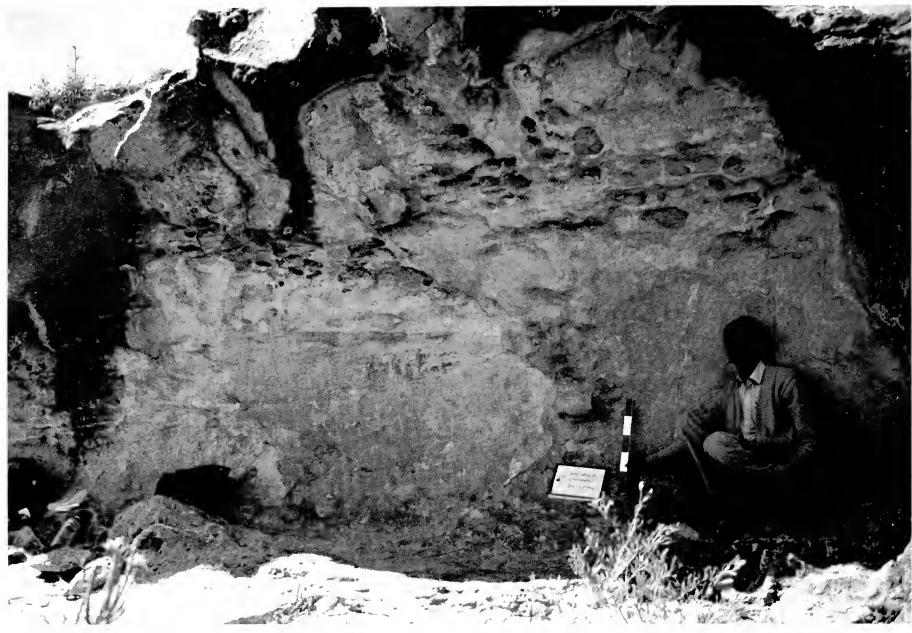



Fig. 165 – Iscmelè I: il riparo (foto Calegari).

piccoli sotto il ventre della madre sono poco leggibili (Fig. 244), sono stati realizzati sempre in pittura monocroma rossa, a campitura piena. Gli animali, le cui misure sono in media di 15 - 18 cm, sono realizzati in modo schematico, secondo un codice che li rende identici e ripetuti in maniera modulare. La loro immagine, pur variante locale, è la stessa che troviamo a Laga Oda e Saka Sharifa nell'Harar, in Etiopia. Il corpo è costituito da un rettangolo smussato da cui sporgono alle due estremità la coda e la testa, come breve trattino su cui si impostano corna e orecchie. Le zampe sono due segmenti, l'uno per quelle anteriori, l'altro per le posteriori.

La composizione di Iscmelè I è però, nel suo insieme, particolarmente efficace e gradevole. Le singole figure rivelano un particolare equilibrio tra corpo e corna, quasi tenaglie in prospettiva ritorta, che fa apparire gli animali come visti dall'alto. La mandria sembra procedere suggerendo l'impressione di un lento e compatto spostamento, ancor più evidenziato dalle lunghe corna protese in avanti.

Questo gruppo di bovini è stato realizzato in un punto ove la roccia aggetta lievemente dal fondo, come un «piccolo altopiano» segnato da molte asperità tra le quali una protuberanza nodulare. La mandria sembra procedere in una micro - orografia, paesaggio che forse non era alieno dall'intento dell'artista che ha eseguito questa pittura. Le immagini hanno avuto danneggiamenti differenti dalle precedenti. Qui si nota un dilavamento che le ha sbiadite creando una lieve sbavatura o alone che avvolge il gruppo di pitture.

Riflettendo sulle due separate composizioni presenti a Iscmelè I, nulla ci impedisce di pensare, nonostante le differenze tematiche ed esecutive, che esse siano coeve o vicine nel tempo, così come paiono eseguite per integrarsi reciprocamente sulla parete del riparo.

Iscmelè II

Il riparo si trova ad una decina di metri da quello indicato come Iscmelè I, più a nord nella stessa parete rocciosa (Fig. 164). Esso presenta alle pareti e sulla bassa volta numerose tracce di fuoco, essendo stato, probabilmente per le sue caratteristiche morfologiche, utilizzato come ricovero temporaneo. Il suolo di calpestio è costituito da un sedimento terroso che meriterebbe di essere indagato.

In questo sito le pitture sono tutte di colore nero, sia quelle che ci paiono le più antiche, sia quelle più semplificate collocabili in un momento successivo. Su alcune figure si notano interventi posteriori con un pigmento corposo, impiegato per ripassare le immagini in modo grossolano. In alcuni casi questo intervento ne ha modificato il disegno originale, come nel caso di un bovino trasformato in qualcosa che assomiglia ad un brutto elefante (Fig. 167). Purtroppo tutte le pitture hanno subito gravi danneggiamenti a

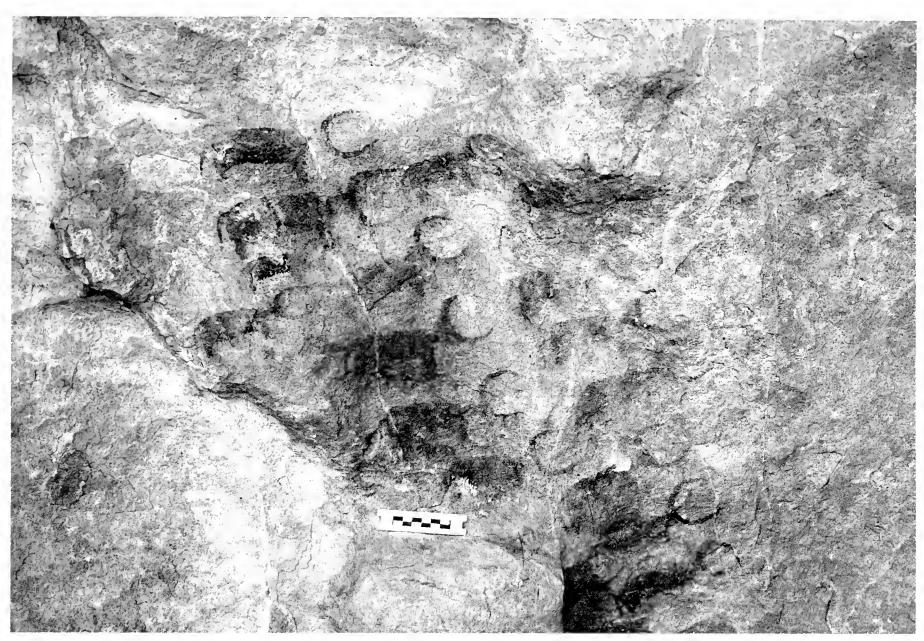



Fig. 166 – Iscmelè I: mandria (foto Calegari).

causa dei fuochi accesi sotto di esse, la maggior parte è infatti offuscata e annerita dal fumo (Fig. 246).

Il tema principale, anche in questo riparo, è quello della mandria che, nella parte sinistra della parete, sebbene molto rovinata, è rappresentata in una composizione di animali accostati, sostanzialmente confrontabile con quella delle pitture rosse di Iscmelè I; in questo caso però gli animali sono più numerosi. Anche se la «mano» dell'artista è diversa, le figure di bovini a grandi corna sono riconducibili ai modelli di Laga Oda e Saka Sharifa nell'Harar (Etiopia).

La maggior parte degli animali, ma parliamo di figure sbiadite e a volte ripassate, parrebbe priva di corna, in alcune si notano trattini sotto il ventre ad indicare le mammelle. Tra le pitture sono anche figure più recenti di bovini schematizzati «a pettine» e almeno una figura antropomorfa, anche se purtroppo sbiadita (Fig. 245). La pittura, alta all'incirca 12 cm, raffigura un personaggio in posizione frontale, riconducibile alle figure umane di Iscmelè I: braccia lungo il corpo con mani e dita ben evidenziate, gambe robuste e piedi volti all'esterno. In questo caso la figura è piuttosto slanciata, soprattutto nel torace e la sua testa rivela una voluminosa acconciatura «a fungo».

Fig. 167 – Iscmelè II: particolare della parete dipinta; al centro la figura di un bovino ripassato con un pigmento corposo e trasformato in una specie di brutto elefante (foto Calegari).

ADDÌ CAIÈ

Ritrovamento 1955/1956, Vincenzo Franchini.

Regione Acchelè Guzai

Distretto Aret

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1964 (Addi Caiè), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche Quota: m 2400 ~
Circa 200 metri a monte della ex «polveriera» del villaggio di Addì Caiè.

Morfologia del sito Roccia all'aperto.

Tecnica esecutiva Incisione.

Figure rappresentate Figure zoomorfe.

Bibliografia L. Ricci, 1956, p. 407; L. Ricci, 1959, p. 52; L. Ricci, 1960a, figg. 11a,11b.

Un «lastrone di roccia» conserva un gruppo di immagini zoomorfe realizzate a incisione. Le figure appaiono rovinate e corrose, nel tempo, dagli agenti atmosferici. Si tratta di rappresentazioni molto schematiche del tipo «a pettine»; tra di esse Lanfranco Ricci cita un'immagine piuttosto ben conservata che, a suo parere, raffigura un bue dalle grandi corna molto aperte.

EMBA CELAI

Ritrovamento 1961, Vincenzo Franchini.

Regione Acchelè Guzai

Distretto Dericcén

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1964 (Addi Caiè), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche Quota: m 2300 ~
Nei pressi del villaggio di Emba Celai, tra Addì Caiè e Coatit.

Morfologia del sito Banco di arenaria.

Tecnica esecutiva Incisione a martellina.

Figure rappresentate Figure antropomorfe, armati e bovini.

Temi identificati L'icona del guerriero.

Stato di conservazione Disomogeneo: da buono a scadente (anni '90 Franchini). Cause di degrado: fratturazione ed esfoliazione della superficie rocciosa e azione degli agenti atmosferici.

Bibliografia C. Franchini, 1996, pp. 70-71, figg. 99, 101, 103; V. Franchini, appunti personali.

Di notevole importanza, per valore esecutivo e per l'opportunità di comparazioni cronologico - culturali con altre simili espressioni, sono le figure incise presso il villaggio di Emba Celai, in due stazioni poco distanti, su di un costone di arenaria.

Il primo gruppo, inciso con tecnica a martellina su di un blocco aggettante, è dominato da una «parata» di guerrieri che spiccano sulla superficie scura e patinata della roccia sovrastando altre immagini in avanzato stato di degrado o di minor evidenza (Fig. 247).

Si tratta di nove figure di varie dimensioni (le più grandi raggiungono quasi il metro di altezza) che si presentano frontalmente, allineandosi in un fregio orizzontale. I personaggi, che appartengono evidentemente alla stessa espressione culturale, sono stati realizzati in momenti vicini, ma successivi, con l'intento di «caricare» la superficie rocciosa di «icone». Alcune figure sono chiaramente della stessa «mano»; certe paiono inserite negli spazi lasciati liberi, mentre altre molto più piccole (in alto a destra) sono una diversa interpretazione della figura umana, più ingenua e popolare. Le incisioni antropomorfe, che risaltano molto nettamente sulla parete più liscia e patinata della roccia, sono abbastanza integre, eccetto una in basso tra i primi due personaggi a sinistra, della quale si scorge solo il busto e la testa.

L'insieme figurativo non descrive alcun episodio narrativo ma sembra aver lo scopo di celebrare alcuni personaggi, evidentemente guerrieri. Gli uomini, resi con disegno geometrizzante secondo un preciso codice figurativo, si mostrano di fronte (spalle larghe e colli lunghissimi) in pose statiche ed emblematiche, con le braccia lungo il corpo, allargate o addirittura ripiegate «ad ansa» coi gomiti in alto. In alcuni casi i guerrieri, che forse indossano lunghe tuniche, si presentano con un braccio alzato e ripiegato. Sembra quasi che i personaggi raffigurati ad Emba Celai ci mostrino i muscoli; sicuramente è messa in rilievo la loro prestanza ed il loro equipaggiamento bellico: piccoli scudi, forse spade e corte lance, probabilmente giavellotti, dalla lunga punta e dall'estremità allargata «a spatola» come quelli, tutti in ferro, che troviamo ad esempio tra i Tuareg. La lancia, impugnata con la destra, in un caso è tenuta verticalmente (Fig. 168), negli altri è orizzontale davanti al petto o allo stomaco dell'uomo. Il piccolo scudo è stretto dal braccio ripiegato sin quasi sotto l'ascella. Probabilmente quelli che sembrano gesti «da burattino», rigidi e un poco eccessivi, sono l'espediente figurativo per mostrare i guerrieri e le loro armi o meglio ancora si tratta della descrizione esatta di posture marziali o da parata. Del resto gli stessi gesti, quasi stereotipi, li troviamo in figurazioni pittoriche di guerrieri simili, dipinti in altre località, tra le quali citeremo il riparo di Jago. E proprio da Jago vengono ulteriori confronti con certe soluzioni e descrizioni di Emba Celai, come la presenza di acconciature «a fungo» sulla testa dei personaggi o la decorazione a quadrati e rettangoli sul loro petto, qui resa risparmiando tratti della superficie rocciosa.

Fig. 168 - Emba Celai: la «parata» dei guerrieri, particolare. In basso a sinistra è ben visibile un bovino (foto Franchini).

Subito a sinistra dei guerrieri si trova un'incisione che appare piuttosto emblematica: a forma di grande V sembra come un bucranio o una lettera alfabetica; ci ricorda però anche le gambe di un uomo a testa in giù, come è possibile vedere chiaramente figurato sempre a Jago.

Proseguendo la descrizione delle nostre incisioni notiamo, nella parte destra, la presenza di un gruppo di bovini di piccole dimensioni, che sembra siano stati coperti dalle incisioni dei guerrieri; alcuni di questi sono figure a solo contorno, altri hanno la superficie endoperimetrale piena. Nella parte inferiore del «fregio» si scorgono altre incisioni di bovini. Purtroppo la roccia, in quel punto, ha subito un forte deterioramento naturale che ha scrostato la superficie compatta e patinata distruggendo le eventuali incisioni presenti. É possibile comunque leggere due immagini di animali di una certa dimensione e di buona fattura, di cui si è conservata la parte superiore (Figg. 168 e 247). Il primo a sinistra, a piena campitura, è disegnato in modo verosimile: la curva cervico - dorsale sinuosa si raccorda elegantemente con la coda, mentre due corna piccole e appuntite sono poste su una testa che pare scattare in avanti; si coglie in quest'opera quasi l'ombra «naturalistica» di un toro. A questo bovino, rivolto a destra, un altro se ne contrappone a una certa distanza, più statico ma non meno bello: il corpo è di forme rettangolari, con la schiena leggermente concava, la coda diritta verso il basso ed il muso arrotondato, con corna tracciate a incisione molto tenue. Su questa soluzione figurativa, con cui è stato rappresentato l'animale, spicca, con innegabile successo grafico, il mantello pezzato, a mac-

chie quadrate su due file orizzontali parallele, realizzato risparmiando parti di superficie patinata della roccia.

Ad una decina di metri da questo primo gruppo di incisioni, alla sinistra guardando la parete di roccia, sono altre figure sempre realizzate con una picchiettatura che ha scalfito la scura patina di superficie. Escludendo alcune tracce di incisioni rovinate o illeggibili, si osservano un bovino e due figure umane (Fig. 169). L'animale presenta un corpo rettangolare a solo contorno, mentre la testa, il collo e le zampe sono interamente riempite dall'incisione; la coda è cancellata da una frattura posteriore della roccia. La figura, pur molto semplificata e statica, con le zampe parallele «a pettine», non manca di una certa cura nella puntualizzazione di alcuni particolari: la testa ben fatta, le zampe con evidenziato lo zoccolo, la curva dei glutei. Le figure umane sono rapportabili allo stesso ambito di quelle del primo gruppo. Una rappresenta un guerriero col petto a trapezio rovesciato, sul quale spicca un quadrato di superficie non incisa. All'immagine purtroppo mancano le gambe per una grossa frattura che ha asportato parte della roccia. La postura del personaggio è quella già osservata nei precedenti: un braccio ripiegato in alto (il sinistro) mentre l'altro impugna il giavellotto orizzontalmente facendoselo passare davanti al petto. La seconda figura umana è estremamente frammentaria, sempre a causa della frattura di cui si è detto. Si tratta di un personaggio di cui si scorge solo la parte superiore

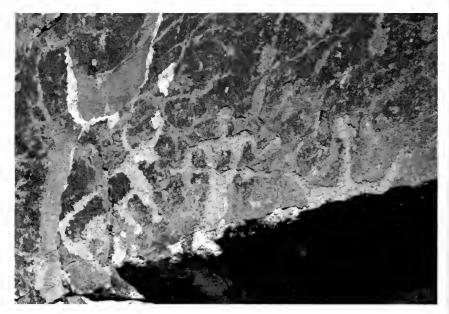



Fig. 169 - Emba Celai: incisione frammentaria di due figure umane ed un bovino (foto Franchini).

del torace, le braccia e la testa tonda su di un collo lunghissimo. Anche in questo caso le braccia sono tenute alte con gli avambracci, appena accennati, ripiegati verso il basso.

Sempre da Emba Celai, ma senza precisarne l'esatta ubicazione sulla parete di roccia, Franchini ci fornisce una curiosa foto di incisione rupestre. Si tratta di un cerchio al cui interno è posto uno strano disegno, quasi un ideogramma realizzato con un tratto continuo che ricorda una faccia con occhi, naso e bocca. Viene alla mente una maschera o forse uno scudo rotondo.

SELLÌM BA'ATTÌ (ZEBÀN ROBOBLÈ)

visitato dal Centro Studi Archeologia Africana nel gennaio 1996

Ritrovamento	1956, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Dericcén
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1964 (Addi Caiè), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 1950 ~ Alle pendici meridionali del dosso pianeggiante di Zebàn Roboblè, due chilometri e mezzo ad ovest del villaggio di Martà.
Morfologia del sito	Cavità.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colori: rosso e nero.
Figure rappresentate	Figure zoomorfe, antropomorfe, cavalieri e segni puntiformi.
Temi identificati	Composizione di punti allineati.
Stato di conservazione	Pessimo (1996). Cause di degrado: esfogliazione della superficie rocciosa, interventi antropici e azione degli agenti atmosferici.
Bibliografia	L. Ricci, 1959, p. 50; V. Franchini, 1961, pp. 5-6, figg. 1-2; V. Franchini, 1969, p. 85; V. Franchini, appunti personali.

La cavità deve il suo nome di «grotta nera» al colore della roccia annerita dal fumo dei fuochi accesi dai pastori che l'hanno utilizzata come ricovero da tempi lontani. In essa sono presenti alcune pitture.

Sulla destra Franchini segnala figure antropomorfe e zoomorfe «a pettine» di colore nero, in alcuni casi si tratta di cavalieri. Poco più avanti è una composizione astratta, non unica nel suo genere per la regione, costituita da segni ovali a colore pieno (come impronte di polpastrelli), allineati l'uno di fianco all'altro a formare lunghe file orizzontali parallele. Il colore, sbiadito in buona parte, è il rosso ocra. La composizione è chiusa nella parte superiore da un lungo pettine di colore bruno scuro - nero, coi denti rivolti in basso come se da essi si staccassero le gocce ovali allineate (Fig. 248).

In questo caso sembra di cogliere una descrizione pittorica legata al simbolismo della pioggia o forse la figura «a pettine» vuol rappresentare una moltitudine di animali. Tra le gocce ovali, forse sovrapposte ad esse sulla sinistra, sono due figure umane (la più grande misura circa cm 10) schematizzate quasi in ideogrammi; tra i due uno è chiaramente un personaggio maschile. Nella parte sinistra della grotta vi sono segni in rosso che potrebbero corrispondere a lettere dell'alfabeto etiopico.

SA'ADA BA'ATTÌ I, II E III (ZEBÀN ROBOBLÈ)

I e II cavità visitate dal Centro Studi Archeologia Africana nel gennaio 1996

Ritrovamento	1956, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Dericcén
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1964 (Addi Caiè), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 1950 ~ Alle pendici meridionali del dosso pianeggiante di Zebàn Roboblè, due chilometri e mezzo ad ovest del villaggio di Martà.
Morfologia del sito	Tre cavità e alcuni massi di arenaria davanti alla terza.
Tecnica esecutiva	I cavità: pittura. Colori: rosso e nero. II cavità: pittura. Colore: rosso. III cavità: pittura. Colori: rosso, nero e bianco. Massi: incisione a solco continuo.
Figure rappresentate	I cavità: bovini, cavalli, cavalieri, un cammello, figure antropomorfe, armati e figure geometriche. II cavità: figure antropomorfe e altre figure indistinte. III cavità: cavalli, cavalieri e segni puntiformi. Massi: figure geometriche e figure antropomorfe.
Temi identificati	III cavità: composizione di punti allineati.
Stato di conservazione	I cavità: scadente (1996). Cause di degrado: esfogliazione della superficie rocciosa e azione degli agenti atmosferici. II cavità: scadente (1996). Cause di degrado: esfogliazione della superficie rocciosa e azione degli agenti atmosferici. III cavità: buono (anni '50). Cause di degrado: interventi antropici (segni a carboncino).
Bibliografia	L. Ricci, 1959, p. 50; V. Franchini, 1961, pp. 6-8, figg. 3-11; V. Franchini, 1969, p. 85; V. Franchini, appunti personali.

Sa'ada Ba'attì, «grotta bianca», è il nome col quale vengono indicate quattro cavità presenti nelle pendici meridionali del dosso di Zebàn Roboblè, a varie altezze, nello spazio di un chilometro circa. In tre di esse, che Vincenzo Franchini distingue in I, II e III, sono presenti pitture e incisioni rupestri.

Sa'ada Ba'attì I

Nella prima grotta Franchini segnala molte pitture sbiadite realizzate in alto sulla parete, a quote varianti dai tre ai sei metri, tra le quali rileva due diverse maniere nella rappresentazione delle figure: l'una più fedele al vero, l'altra più sommaria e schematica.

Tra le pitture più schematizzate si osservano animali a disegno «pettiniforme» principalmente di colore nero, tranne poche in rosso e figure geometriche rettangolari suddivise all'interno da segmenti che potrebbero raffigurare abitazioni piuttosto che trappole per leopardi. Vi sono poi altre figure, sempre di colore rosso, meno schematiche e grossolane. Un primo gruppo rappresenta una decina di bovini, lunghi circa cm 20, rivolti verso destra: il primo di essi è inscritto in un cerchio. Vicino a questa mandria ve n'è un'altra di circa una dozzina di animali, di misure inferiori ma di miglior esecuzione. Più sotto è la figura nera, a colore pieno, di un cavaliere, lunga circa cm 25.

Altre figure, in alto, appaiono molto sbiadite da velature o dilavamento; tra esse si distinguono numerose figure umane, alcune delle quali armate. Tra queste tre personaggi procedono verso destra e sembrano spingere in avanti una mandria di piccoli animali: gli uomini tengono appoggiate alle spalle lance con la lunga punta e altri oggetti, forse delle accette. Un personaggio, di cui si è conservata solo la parte superiore e che misura cm 30, brandisce un giavellotto. Tra le figure vi è anche un cammello cavalcato e alcuni buoi gibbuti dal tratto naturalistico.

In un punto più isolato della parete è stato dipinto in colore rosso un bovino col corpo allungato del tipo di Zebàn Kebesà I e Zebàn Onà Libanòs I.

Sa'ada Ba'attì II

Anche questa cavità ospita numerose figure dipinte molto in alto sulla parete (cinque o sei metri).

Fig. 170 – Sa'ada Ba'attì III: cavalieri molto schematizzati (foto Franchini).

Fig. 171 – Sa'ada Ba'attì III: animale che trasporta un voluminoso carico (foto Franchini).

Le pitture, che Vincenzo Franchini descrive come molto sbiadite e appena visibili, sono da lui rapportabili alle figure più verosimili e meno schematiche presenti nella prima cavità.

Sa'ada Ba'attì III

Questa cavità, che ora sembra distrutta, ospitava secondo Franchini pitture meglio conservate rispetto alle precedenti. Si tratta di figure schematiche «a pettine» di colore rosso, nero e bianco, per lo più cavalli e cavalieri (Fig. 170). Nonostante l'estrema semplificazione nel disegno, alcuni particolari, come le redini, sono evidenziati e non mancano idee affidate a soluzioni cromatiche: cavalli con corpo di un colore e zoccoli e cavalieri di un altro. Un animale, che sembra seguire pazientemente un cavaliere, appare come gravato da un complicato carico e si lascia dietro una serie di segni puntiformi (Fig. 171). Nella grotta è visibile anche una composizione astratta, come altre nella regione, costituita da macchie ovali allungate (come impronte di dita), allineate su file orizzontali, parallele una sull'altra.

Incisioni rupestri, realizzate per levigatura, sono state realizzate sui massi di arenaria esterni alla grotta (Fig. 172). Vi sono rappresentate figure umane molto elementari, figure stellari, cerchi raggiati come ruote, croci e rettangoli suddivisi internamente; si tratta di immagini decisamente recenti.

Fig. 172 – Sa'ada Ba'attì III: incisioni di cavaliere «a pettine» e antropomorfo dalle grandi mani (foto Franchini).

SARÒ

Ritrovamento	1841, A. D'Abbadie.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Zebaontì
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1964 (Addi Caiè), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 2640 ~ Sull'altopiano del Cohaito, alle pendici del Monte Adaghenà, lungo il ciglione sotto il villaggio di Sarò.
Morfologia del sito	Cavità e alcuni massi nei dintorni.
Tecnica esecutiva	Cavità: pittura. Colori: rosso, giallo e bianco. Massi: incisione a martellina.
Figure rappresentate	Pitture: bovini, cavalieri, armati, figure antropomorfe e lineari. Incisioni: figure antropomorfe, armati, cavalieri, bovini e cammelli.
Temi identificati	Scene di combattimento; antropomorfo fantastico.
Bibliografia	A. D'Abbadie, 1842, p. 339; G. Sapeto, 1871, p. 50; C. Conti Rossini, 1900, pp. 108-109; G. Dainelli & O. Marinelli, 1908, p. 5; G. Dainelli & O. Marinelli, 1912, pp. 494-495; C. Conti Rossini, 1928, p. 245; V. Franchini, 1960b, p. 289, tav. XI; C. Franchini, 1996, p. 70; V. Franchini, appunti personali.

Nei pressi del villaggio di Sarò vi sono alcuni gruppi di rupestri, dipinti o incisi su ripari e rocce, più volte citati dagli autori che si sono occupati dell'archeologia del Cohaito. Va del resto ricordato che proprio in queste località furono per la prima volta osservate in Eritrea delle figure rupestri da D'Abbadie (1841), e da Sapeto e Russel (1859).

Vincenzo Franchini nei suoi appunti personali ci fornisce la descrizione e le immagini di una cavità da lui visitata dapprima nel 1958 e poi il 9.3.1960 «La chiamai "Sapeto" dopo averla identificata con quella descritta dal Sapeto (un po' fantasiosamente) nella sua "Ambasciata a Negussè"».

Questa cavità, che si apre nei pressi di Sarò, sotto il ciglio del secondo canalone, è lunga più di 40 metri e, al momento della visita di Franchini, ospitava strutture costruite per ricoverarvi il bestiame, che nascondevano parzialmente le pitture. Vi sono dipinte in colore rosso, bianco e giallo figure umane e animali, scene di combattimento tra uomini armati di lancia e cavalieri ed inoltre linee serpentiformi. È curiosa la rappresentazione di un uomo sopra un cavallo con la criniera e la coda «a punte», come fossero infiocchettate (Fig. 173). Questi cavalieri sono confrontabili con immagini dipinte nell'Ennedi a Toukou (Striedter, 1984, fig. 225) e a Erichiguè (AA.VV., 1996, p. 79, fig.2).

Interessanti sono alcuni bovini dipinti con tratto elegante in rosso e bianco: si tratta di animali con il corpo allungato e decorato con linee zigzaganti, che richiamano alcuni esempi di Addì Qansà I (Figg. 174 e 175).

Fig. 173 – Sarò: figure di bovini, segno zigzagante e cavaliere (foto Franchini).

Fig. 174 – Sarò: bovino macrocero con il corpo decorato a macchie (foto Franchini).

Fig. 175 – Sarò: rilievo grafico di due bovini con il corpo decorato (per gentile concessione di Franchini).

Nei dintorni Franchini ci descrive altre figure incise su delle rocce. Alcune di queste immagini, da lui pubblicate, mostrano una scena di combattimento tra un uomo appiedato ed un cavaliere e la figura di un personaggio armato di una larga spada che conduce un cammello (Franchini, 1960b, tav. XI).

Fig. 176 – Sarò: figure schematizzate di bovini ed un uomo che cavalca forse un cammello (foto Franchini).

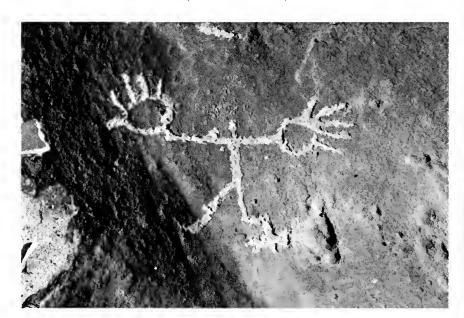



Fig. 177 – Sarò: incisione di un antropomorfo con grandi mani (foto Franchini).

Altre figure incise sono documentate, sempre da Franchini, presso Sarò: si tratta di rappresentazioni di antropomorfi con grandi mani, cavalieri, uomini su cammelli e bovini schematici (Figg. 176 e 177).

SIHILLÒ

Ritrovamento 1958, Vincenzo Franchini.

Regione Acchelè Guzai

Distretto Zebaontì

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1964 (Addi Caiè), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche Quota: m 2600 ~
Sull'altopiano del Cohaito nei pressi del villaggio di Sarò, vicino alla cosiddetta grotta «Sapeto».

Tecnica esecutiva Incisione.

Figure rappresentate Armati e un cammello.

Temi identificati Scene di combattimento.

Bibliografia L. Ricci, 1959, p. 53; V. Franchini, 1960b, p. 289, tav. X, 2.

In località Sihillò, non distante da Sarò, è presente una scena di combattimento realizzata per incisione. Le figure, semplici nel disegno, rappresentano due guerrieri appiedati che paiono affrontarsi armati. Quello di sinistra impugna una spada e conduce, tenendolo per una corda, un animale interpretabile come cammello. Questo personaggio è affrontato da un guerriero, anch'esso armato di spada, con al braccio sinistro uno scudo rotondo.

Queste scene di combattimento, frequenti in un momento molto tardo della storia dell'arte rupestre eritrea, sembrano illustrare episodi di tradizione orale; intorno a Sarò sono frequenti incisioni con simili tematiche.

JAGO

visitato dal Centro Studi Archeologia Africana nel dicembre 1994

Ritrovamento 1905/1906, Giotto Dainelli e Olinto Marinelli.

Regione Acchelè Guzai

Distretto Zebaontì

Riferimenti cartografici Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1964 (Addi Caiè), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.

Indicazioni topografiche Quota: m 2616
Sull'altopiano del Cohaito alla base del monte Fagatidà.

Morfologia del sito Cavità nell'arenaria.

Tecnica esecutiva Pittura. Colori: rosso (con varie tonalità dall'arancio al violaceo) e bianco.

Figure rappresentate Figure antropomorfe, armati, cavalieri, cavalli, bovini, probabili antilopi, un felino e segni schematici.

Temi identificati L'icona del guerriero; il pastore guerriero; il felino che attacca; figure antropomorfe con le gambe aperte.

Stato di conservazione Buono (1994). Cause di degrado: interventi antropici recenti (graffiti e picchiettature).

Bibliografia G. Dainelli & O. Marinelli, 1908, p. 12; G. Dainelli & O. Marinelli, 1912, p. 495, figg. 152, 1-17; G. Calegari, 1996, pp. 31-46, fig.18; G. Calegari, 1998a.

Alle falde sud - orientali del monte Fagatidà, nella parte alta di una breve scarpata, è ubicato il sito rupestre di Jago. Si tratta di una cavità di erosione nell'arenaria di dimensioni molto modeste che ospita un gruppo di pitture ben conservate (Figg. 178 e 249). Il buono stato di conservazione delle opere d'arte è stato in questo caso favorito dalla stessa morfologia del sito. Sufficientemente «coperta» nella sua parte alta, la cavità ha come pavimento uno scivolo di roccia fortemente inclinato verso l'esterno, scivolo che ha impedito di utilizzare il luogo come ricovero temporaneo per uomini o animali, a tutto vantaggio del buono stato delle pitture.

Le figure, che si sviluppano su di una fascia orizzontale per tutta la lunghezza della cavità, hanno dimensioni variabili dai 5 ai 30 cm e sono realizzate principalmente in varie tonalità di rosso (sino all'arancio ed al violaceo) e, più raramente, in bianco.

I soggetti rappresentati comprendono figure umane appiedate o a cavallo, bovini (*Bos t. prim. macroceros, Bos t. prim. indicus*), probabili antilopi, un felino e segni schematici geometrizzanti. In alcuni casi è possibile cogliere sovrapposizioni tra le figure, che mostrano chiaramente alcune differenti progressioni cronologiche correlabili iconograficamente ad altre manifestazioni figurative presenti nella regione.

Nel complesso si scorgono raffigurazioni di bovini e uomini rapportabili a modelli figurativi che si evolvono dalle pitture del tipo Zebàn Onà Libanòs I e Zebàn Kebesà I. Sono presenti anche figure di guerrieri dalla vita stretta, con acconciature «a fungo», confrontabili con altre ad Addì Qansà I e a Emba Celai. Immagini di cavalieri e bovini mostrano, in questo sito, le tappe di un percorso di semplificazione e stilizzazione da figure ancora verosimili a disegni sempre più schematizzati verso forme «a pettine» (Figg. 179 e 256).

A Jago è però soprattutto possibile cogliere numerosi temi figurativi che ritroviamo, in molti casi come narrazioni costanti, nell'iconografia delle genti preistorico - protostoriche dell'Eritrea: in primo luogo la figura del pastore guerriero (forse con un lungo abito) che, armato di un'asta, custodisce i suoi bovini (Fig. 250).

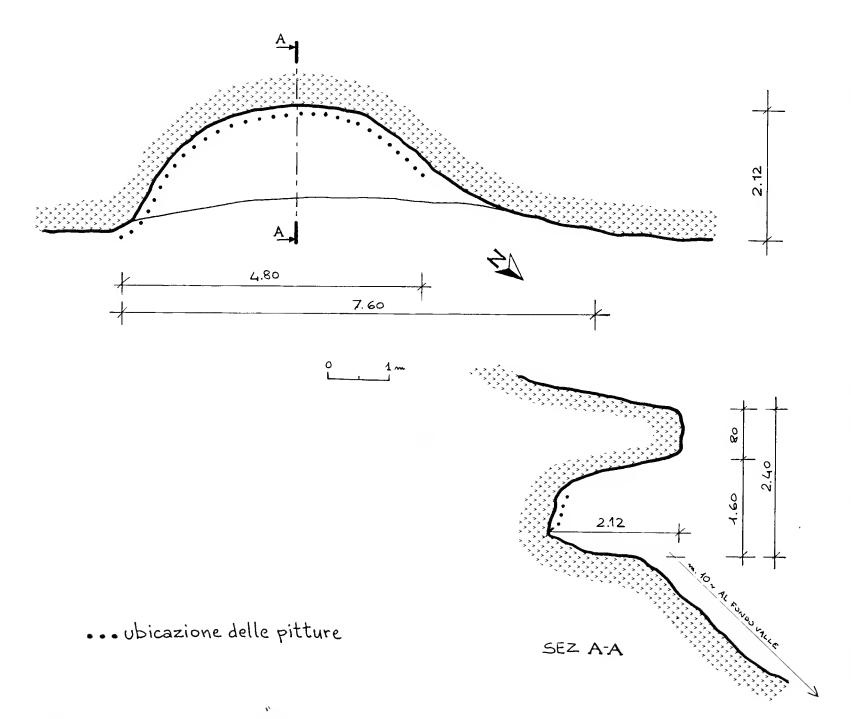



Fig. 178 - Jago: rilievo di massima della cavità (rilievo Ansaloni e Calegari).

Fig. 179 – Jago: particolare delle pitture con differenti fasi di schematizzazione. Si notano sovrapposizioni e figure ulteriormente ripassate con colore (foto Calegari).

A Jago, come a Zebàn Kebesà I, sono presenti animali disegnati con corpo allungato, dipinti a colore pieno, assieme ad altri a solo contorno e con il corpo decorato da linee che lo «quadrettano». Una di queste figure è accompagnata da un personaggio che, in «attitudine sahariana», tocca con una mano le terga del bovino (Fig. 251).

Un tema di Jago, riscontrabile anche a Zebàn Kebesà I ed all'Amba Focadà, in Etiopia, è quello del felino che balza in posizione di attacco, anche se in questa località il soggetto appena si scorge (Fig. 252). A Jago sono poi osservabili coppie di guerrieri «gemelli» strettamente accostati (Figg. 253 e 254), come nel sito di Akezazaa Arah. Alcuni personaggi, apparentemente isolati, si presentano in atteggiamenti il cui significato ci sfugge (Fig. 180).

Altro tema (o figura) molto rappresentato è poi quello del personaggio con le gambe allargate, interpretabile come figura itifallica o come immagine fem-

Fig. 180 – Jago: figure zoomorfe e antropomorfo (foto Calegari).

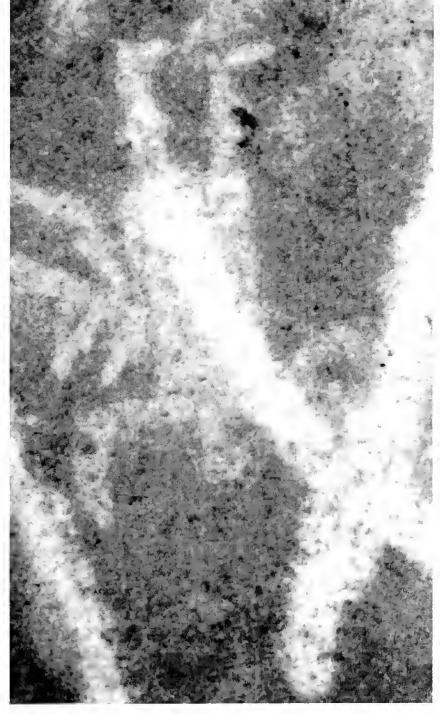



Fig. 181 – Jago: figura umana capovolta evidenziata con pulizia elettronica attraverso l'ottimizzazione di una componente cromatica (elaborazione elettronica De Cola da foto Calegari).

minile in atto di essere penetrata da un fallo (Figg. 252 e 255). Il personaggio in questione tiene le braccia in differenti posizioni: sui fianchi, allargate o, ancora, una verso l'alto e l'altra verso il basso. Questa illustrazione, che qui pare avere avuto una certa importanza, si scorge in varie fasi di schematizzazione, rivelandosi all'origine di motivi grafici geometrizzanti.

Il piccolo riparo di Jago sembra aver rappresentato un particolare punto di interesse come «contenitore» di arte rupestre, esso si presenta infatti come un complicato palinsesto ricco di argomenti di difficile enucleazione e lettura. Non è agevole infatti districarsi tra le differenti intensità dei toni cromatici che sovente rendono difficile cogliere le figure più sbiadite, accostate ad altre dai toni più accesi, a volte sovrapposte o ripassate (Figg. 181 e 255). È del pari difficile comprendere e accostare le varie composizioni o narrazioni senza correre il rischio di isolarle da un contesto più ampio.

ADDÌ ALAUTÌ - CUTUB LE GALBÀ

visitato dal Centro Studi Archeologia Africana nel novembre 1993 e agosto 1994

Ritrovamento	1841, A. D'Abbadie.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Zebaontì
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1964 (Addi Caiè), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 2505 ~ Sull'altopiano del Cohaito, al di sotto del villaggio di Addì Alautì, situato al principio della valle di Ellamsì.
Morfologia del sito	Riparo nell'arenaria.
Tecnica esecutiva	Pittura. Colori: rosso e bianco.
Figure rappresentate	Bovini, antilopi, felini, cammelli, cavalli, figure antropomorfe, armati, cavalieri, frecce e iscrizioni.
Temi identificati	La mucca con il vitello; la mandria; il felino che attacca.
Stato di conservazione	Discreto (1994). Cause di degrado: esfogliazione della superficie rocciosa, azione degli agenti atmosferici e interventi antropici (utilizzo del riparo come ricovero e segni recenti di «graffitismo»).
Bibliografia	A. D'Abbadie, 1842; G. Sapeto, 1871, pp. 39-40; S. Russel, 1884, pp. 76-77; C. Conti Rossini, 1900, pp. 108-109; G. Dainelli & O. Marinelli, 1908, p. 11; G. Dainelli & O. Marinelli, 1912, pp. 491-494, fig.152, tav. XXVII b; C. Conti Rossini, 1928, pp. 244-245, fig.160; G. Calegari, 1994a, p. 120.

Le pitture presenti ad Addì Alautì furono tra le prime opere d'arte rupestre ad esser state osservate e segnalate in Eritrea; il sito fu visitato già nel 1841 dal D'Abbadie e poi nel 1859 dal Sapeto e dal Russel, che riferirono di pitture e incisioni presenti nell'area del Cohaito, nei pressi di Addì Alautì.

Tali pitture furono in seguito meglio descritte e documentate da Conti Rossini e poi da Dainelli e Marinelli, che le osservarono nel 1905/1906. La località d'arte rupestre, che ci fu indicata dai locali con l'appellativo di Cutub Le Galbà, è ubicata all'inizio della valle dell'Ellamsì, sotto il villaggio di Addì Alautì (2595 m s.l.m.), a quota 2505 m, tra le ripide pareti di arenaria nei cui strati, di differente compattezza, sono cavità di erosione e piani sporgenti. Il lungo riparo che ospita le pitture rupestri non supera, nei suoi punti più incavati, la profondità di tre metri. In esso sono visibili resti di strutture e muretti a secco, che lasciano intendere come la cavità sia servita fino ai nostri giorni come ricovero per gli animali domestici piuttosto che ripostiglio (Fig. 257). Nella parte

Fig. 182 – Addì Alautì - Cutub Le Galbà: particolare di una mandria di bovini gibbuti; al centro un vitello sotto la madre (foto Calegari).

Fig. 183 – Addì Alautì - Cutub Le Galbà: gruppo di cammelli (foto Calegari).

ovest del riparo si scorge anche una tomba di tipo islamico.

Le pitture, cui certo non ha giovato la frequentazione e l'utilizzo pratico dello spazio, sono variamente distribuite lungo qualche decina di metri sulla parete ma, di esse, una parte è solo poco più che traccia di colore, mentre, nella zona orientale del riparo, vi è la massima concentrazione di figure, in uno spazio di circa cinque metri di lunghezza per due metri di altezza. In questo pannello sono dipinti, quasi addossati l'un l'altro, numerosi animali (Fig. 258), per lo più bovini e poi antilopi, cavalli, cammelli, almeno due felini e qualche figura umana. Gli animali sono quasi sempre riuniti in branchi o mandrie e procedono da destra a sinistra. Lo stato di conservazione delle pitture , nel complesso ancora ben visibili sulla parete, è minacciato, nella parte più alta del pannello, dall'esfogliazione dello strato superficiale della roccia, mentre nella parte in basso sono interventi umani ad avere danneggiato le figure; si notano infatti tracce di percussione sulla roccia e, soprattutto, interventi con carbone.

Nell'insieme i casi di sovrapposizioni non sono numerosi, è però possibile cogliere per ogni gruppo di immagini una particolare resa figurativa legata a differenti «mani» di artisti piuttosto che a diversi momenti o codici iconografici. Le figure, lunghe in media 10 cm, sono state realizzate in colore pieno o a solo contorno in rosso o bianco.

La parte sinistra della parete è dominata da un branco numeroso di antilopi dalle lunghe corna, in colore rosso a piena campitura. Sopra di esse vi è una doppia fila di animali in colore bianco disegnati a solo contorno, con stilizzazione quasi calligrafica (Fig. 259). Queste figure sono rapportabili ad altre che fanno gruppo nella parte bassa della composizione. In queste ultime si nota su alcuni animali un punto che pare indicare una piccola gobba.

Più sotto a destra altre figure in colore rosso pieno, disposte in file sovrapposte, sono chiaramente cavalli. L'animale alla testa di questo gruppo è realizzato con più accuratezza (le gambe sono indicate una per una) ed è cavalcato da un personaggio che brandisce una lunga lancia (Fig. 262). In alto, a destra, in modo semplice ma efficace è rappresentata una mandria di buoi gibbuti in bianco pieno (Fig. 258). Le figure sembrano quasi macchie di colore ma, nella loro semplicità, si colgono intenzioni e raffinatezze precise, quali le zampe indicate chiaramente una per una, la gobba precisata senza equivoci e, in alcuni punti, la descrizione dei vitelli, spesso sotto il ventre della madre secondo quel tema iconografico ben presente nell'arte rupestre eritrea (Fig. 182). In questo caso, e per altre probabili figurazioni di bovini presenti in questo sito, le corna non sono descritte; alcune figure sono realizzate in modo più grossolano ed impreciso, altre si orientano verso schemi «a pettine».

Sotto questo gruppo, separato da uno spazio vuoto con una grande macchia sbiadita di colore rosso che forse nasconde l'immagine di un felino, si scorgono numerosi cammelli in colore bianco pieno (Fig. 183). La maniera con la quale sono stati realizzati questi animali è accostabile, almeno per il gusto, alle soprastanti figure di bovini. Tra essi uno, che mostra una bardatura rossa a frange, sembra cavalcato da una figura schematica.

La parte centrale della parete è occupata da una scena che rientra nel tema iconografico del guerriero che si oppone al felino (Fig. 260). Le figure sono rosse a piena campitura. Almeno quattro personaggi (del tipo che troviamo a Jago o nella scena di aratura a Zebàn Abùr II) stanno attorno a due felini, uno rivolto a destra, l'altro a sinistra. Le fiere non hanno quell'atteggiamento aggressivo che è mostrato in altre pitture, qui sembrano piuttosto soggiogate, forse colpite o tenute legate dagli uomini. Questi sembrano indossare una tunica lunga al ginocchio, da cui sporgono le gambe con i piedi rappresentati di profilo verso destra. I personaggi, con una voluminosa testa rotonda, mantengono di fronte alle fiere un atteggiamento ieratico, di pochi gesti, anche sin troppo composto.

Tre di questi si trovano riuniti a sinistra, il primo ha dimensioni nettamente superiori, presenta le braccia piegate verso l'alto coi pugni all'altezza delle spalle e sembra dominare il felino. Una scrostatura della roccia ne ha purtroppo guastato parte della testa e del lato destro del corpo, rovinando completamente anche un personaggio alle sue spalle, di cui si scorgono ormai solo le gambe. Di fronte a questo grande

personaggio sono tracce indistinte di pittura della quale si colgono due linee parallele inclinate in basso. Poco sotto un uomo più piccolo affronta fisicamente il felino; egli impugna due aste nella mano destra con una delle quali, lunghissima, ha colpito l'animale alla gola, sempre che non si tratti di un laccio. Il felino, che è figurato in modo molto verosimile dalla coda alle orecchie, sembra quasi arrestare lo scatto di fronte al suo antagonista.

Appena sopra di esso l'altro felino, rivolto a destra, ha un atteggiamento ancor più sottomesso ed è affrontato da un uomo (a cui è collegato con una linea), che tiene verticalmente un'asta terminante con un cerchio inquartato, forse un'insegna o uno scudo, più che una croce, come è stata vista da Dainelli e Marinelli (Dainelli & Marinelli, 1912, p. 494).

Sulla parete si scorgono poi altri personaggi, tra i quali cavalieri armati. Inoltre, è particolarmente interessante ciò che resta di una composizione quasi illeggibile nella quale si scorgono delle frecce, rivolte verso una figura ormai ridotta a macchia di colore rosso, forse un felino (Fig. 261).

Altre pitture presenti nel riparo di Cutub Le Galbà sono più distanti e isolate sulla lunga parete sotto roccia. Sopra una fila di animali schematici bianchi è dipinta in rosso una bella composizione (Fig. 263). Si tratta di antilopi, a colore pieno, che si presentano rivolte a sinistra su tre file orizzontali parallele e misurano singolarmente 10 cm circa. Queste, accostabili a quelle dipinte sulla parete più grande, sono realizzate con particolare eleganza e sintesi nel disegno. Nella composizione compatta e racchiusa, quasi bloccata, si coglie quel dinamismo «in potenza» che caratterizza altre composizioni presenti nell'arte rupestre eritrea, apparentemente d'altro genere, per esempio la mandria di Iscmelè I.

Altre pitture, percorrendo verso ovest il riparo, sono ormai quasi illeggibili o troppo pasticciate; alcune sembrerebbero interpretabili come figure antropomorfe.

Appena più sotto vi è un'altra cavità che contiene delle pitture, già segnalate da Dainelli e Marinelli nel 1908 e nel 1912, e infine incisioni di sigle e monogrammi si trovano su pareti di arenaria.

DECANAMO

Ritrovamento	1955/1956, Vincenzo Franchini.
Regione	Acchelè Guzai
Distretto	Zebaontì
Riferimenti cartografici	Carta topografica della Colonia Eritrea, 1:100.000, foglio n°1964 (Addi Caiè), Istituto Geografico Militare Italiano, Firenze 1934.
Indicazioni topografiche	Quota: m 2500 ~ Poche centinaia di metri a nord del villaggio di Decanamo, che si trova sul pianoro chiamato Kofàr, presso Addì Caiè.
Morfologia del sito	Lastroni di roccia orizzontali e un vicino riparo, chiamato Ba'attì Nedùq.
Tecnica esecutiva	Lastroni: incisione. Riparo: pittura. Colore: rosso.
Figure rappresentate	Incisioni: figure zoomorfe (bovini), segni geometrici e iscrizioni. Pitture: una figura zoomorfa.
Bibliografia	L. Ricci, 1956, pp. 406-407; L. Ricci, 1960a, pp. 57-60, 93; L. Ricci, 1960b, pp. 93-96, 99-100, figg. 19, 19a-19e, 22-23.

In uno studio dedicato alle iscrizioni rupestri dell'Eritrea Lanfranco Ricci, descrivendo quelle di Decanamo, illustra alcune figure rupestri presenti tra le scritte. Le incisioni sono riunite in tre gruppi e sono state realizzate su lastre di roccia, in piano orizzontale, sotto i margini del pianoro a nord del villaggio.

Il gruppo più settentrionale delle incisioni è quello che ospita le immagini d'arte rupestre più interessanti. Si tratta di rappresentazioni zoomorfe rese con differente disegno: vi sono figurati, a solo contorno, bovini gibbuti che paiono esprimere un certo dinamismo; tra essi, in particolare, uno sembra stia correndo o spiccando un breve salto (Fig. 184 a). Altre due figure zoomorfe rappresentano probabilmente sempre

bovini: il corpo degli animali è reso a solo contorno e suddiviso all'interno da linee verticali (Ricci, 1960b, fig.13). Alcuni bovini sono invece estremamente schematizzati ed il loro corpo si riassume in una figura lineare «a pettine», con due lunghe corna a S in una estremità (Fig. 184 b). Tra le altre immagini incise è particolare quella di un animale «scattante»: le lunghe corna sottili e disegnate in prospettiva contrastano con il corpo realizzato con tratto piuttosto grossolano, che fa pensare a successivi interventi sulla figura (Ricci, 1960b, fig. 22).

Appena sotto questo gruppo di incisioni vi è un vasto riparo roccioso, chiamato Ba'attì Nedùq, sulla cui parete di fondo si scorge una incerta figura zoomorfa dipinta in rosso.

Fig. 184 – Decanamo, gruppo nord: a) incisione di un bovino gibbuto; b) bovino schematizzato «a pettine» con corna ricurve (da Ricci, 1960b).

ALATI ITOS

Ritrovamento	1993, Tajedim Nuredaim Yusuf.
Regione	Dancália
Riferimenti cartografici	Carta Geo Map, 1:250.000, foglio n°4 (Mersa Fatma), Firenze 1968.
Indicazioni topografiche	Circa 35 chilometri a sud - est di Thiò; sulle montagne di Baakel-Bolo, vicino al fiume Dobaa, in località Alati Itos.
Morfologia del sito	Banchi di roccia.
Tecnica esecutiva	Incisione a martellina.
Figure rappresentate	Figure zoomorfe, principalmente cammelli e altri segni schematici.
Stato di conservazione	Buono (1993).
Bibliografia	Tajedim Nuredaim Yusuf, comunicazione personale.

Nel nord della Dancália, in località Alati Itos, sono state documentate alcune incisioni su banchi di roccia. Le figure, collocabili in momenti non antichi, sono state realizzate a martellina superficiale e rappresentano principalmente cammelli e altre figure zoomorfe, probabilmente bovidi, rese in maniera semplice e schematica (Fig. 264). La zona è attualmente frequentata da allevatori di cammelli e i toponimi stessi di Alati e Baakel-Bolo sembra vogliano dire in lingua Afar «luogo di sosta del cammello» e «montagna del mulo».

Per la Dancàlia possiamo documentare con immagini soltanto questa località. L'arte rupestre di questa regione infatti è poco conosciuta. Ricordiamo soltanto la segnalazione riportata da C. Conti Rossini di incisioni rinvenute da Vinassa de Regny nel 1923 nella valle del Maraium e dal Lucas presso Tagiura nell'estremità meridionale del territorio dancalo (Conti Rossini, 1943). Colette Roubet nel 1968 ha rilevato alcune incisioni di cammelli e struzzi a 20 chilometri a nord di Ale.

INCISIONI MODERNE

In questo repertorio ho ritenuto opportuno inserire anche alcune immagini moderne (Figg. 185 – 187 e 265 – 268). Non ho voluto con questo suggerire legami o continuità iconografiche, ma solo mostrare alcuni esempi contemporanei. Si tratta di incisioni il cui tema si lega alla religione o che vogliono narrare episodi che hanno riguardato l'autore e il luogo o semplicemente illustrare una cosa vista; sono figure che sovente ospitano un ricordo o un sogno.

Fig. 186 - Nei pressi di Zebàn Onà Libanòs: chiesa e personaggio «volante» (foto Calegari).

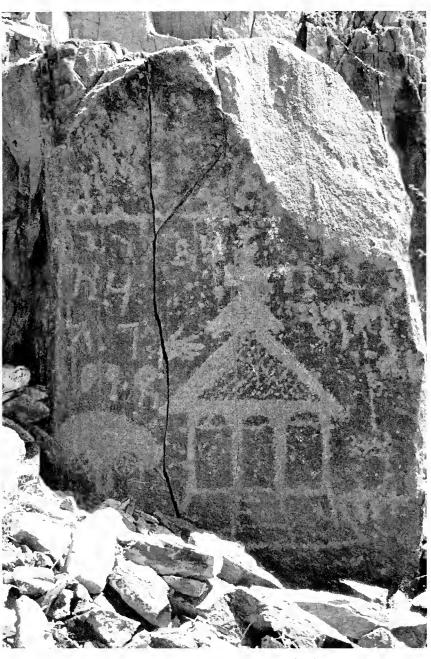



Fig. 185 - Strada Asmara - Decamerè: masso inciso con la rappresentazione di una chiesa, un'automobile, altri segni e alcune scritte (foto Calegari).

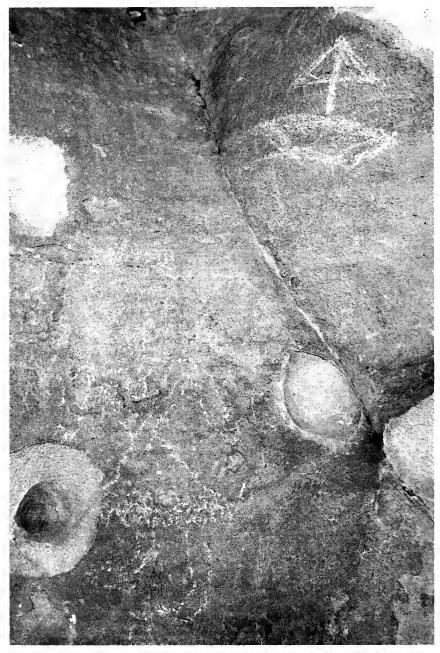



Fig. 187 - Grotta qualche chilometro prima di Addì Caiè, lungo la strada che viene da Asmara: sulla parete della cavità sono «graffiti» con tratto superficiale l'immagine di una ragazza ed un ricordo del mare (foto Calegari).

Fig. 188 - Daarò Caulòs: lo stato attuale del bassorilievo (foto Calegari).

Fig. 189 - Ba'attì Mariam: il riparo e la visione d'insieme del bassorilievo (foto Calegari).

Fig. 190 - Ba'attì Mariam: particolare della parte centrale del bassorilievo (foto Calegari).

Fig. 191 - Montotò, grotta inferiore: uomini e cavalli (foto Franchini).

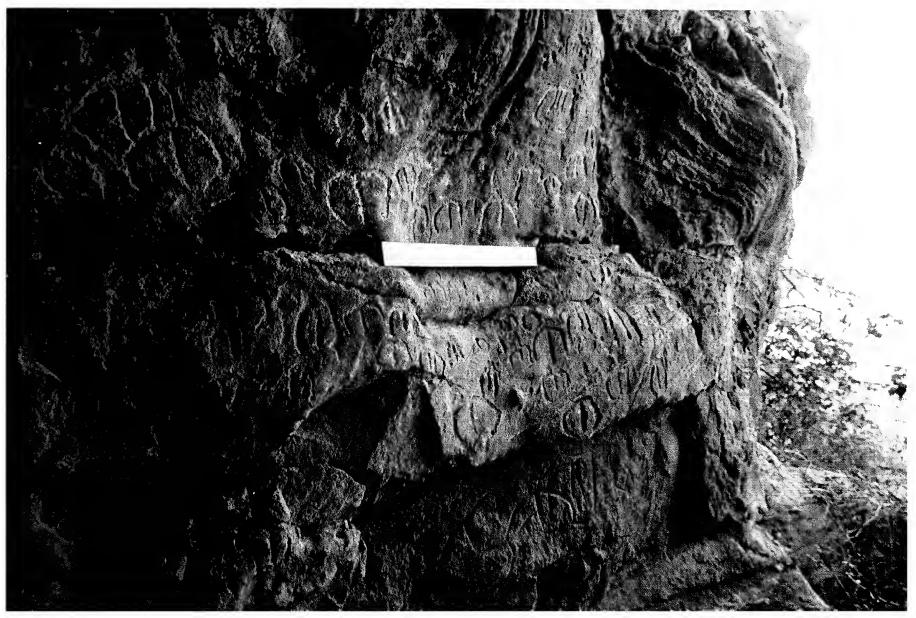



Fig. 192 - Endà Abùne Tekhlè: la parete incisa (foto Calegari).

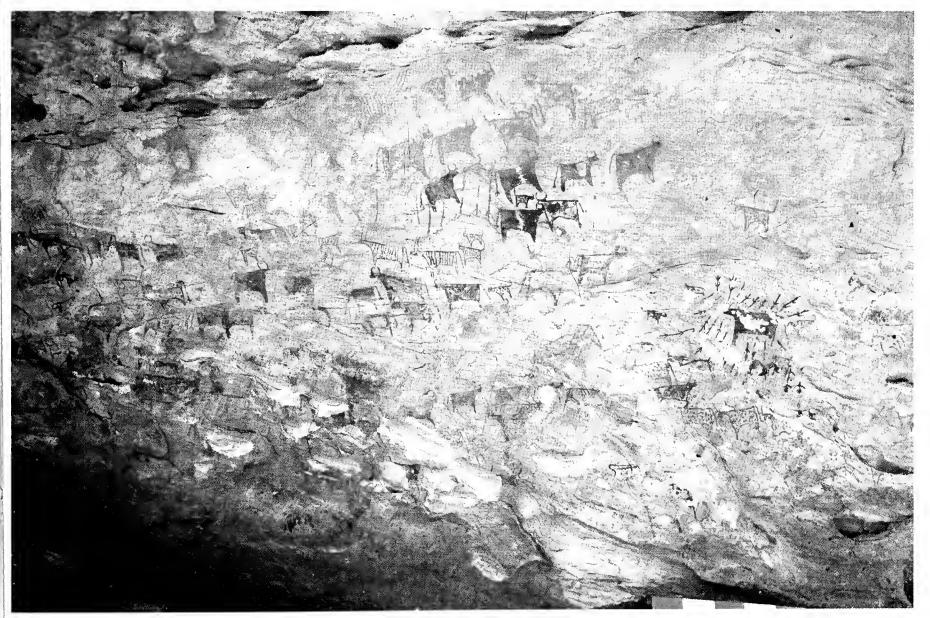



Fig. 193 - Sullùm Ba'attì: visione parziale della parete (foto Calegari).

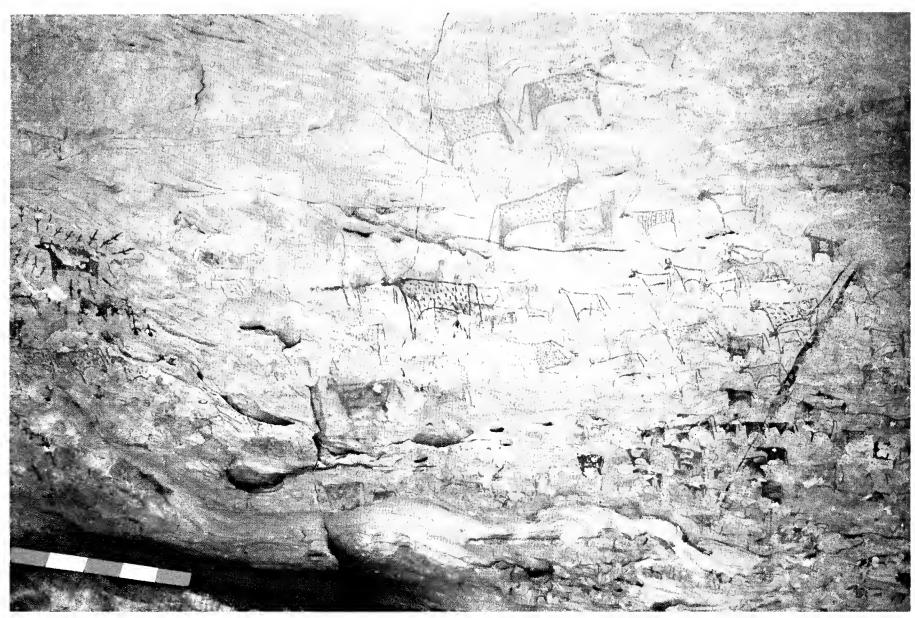



Fig. 194 - Sullùm Ba'attì: visione parziale della parete (foto Calegari).

Fig. 195 - Sullùm Ba'attì: particolare delle pitture; nella parte centrale si nota una fila di iene (foto Calegari).

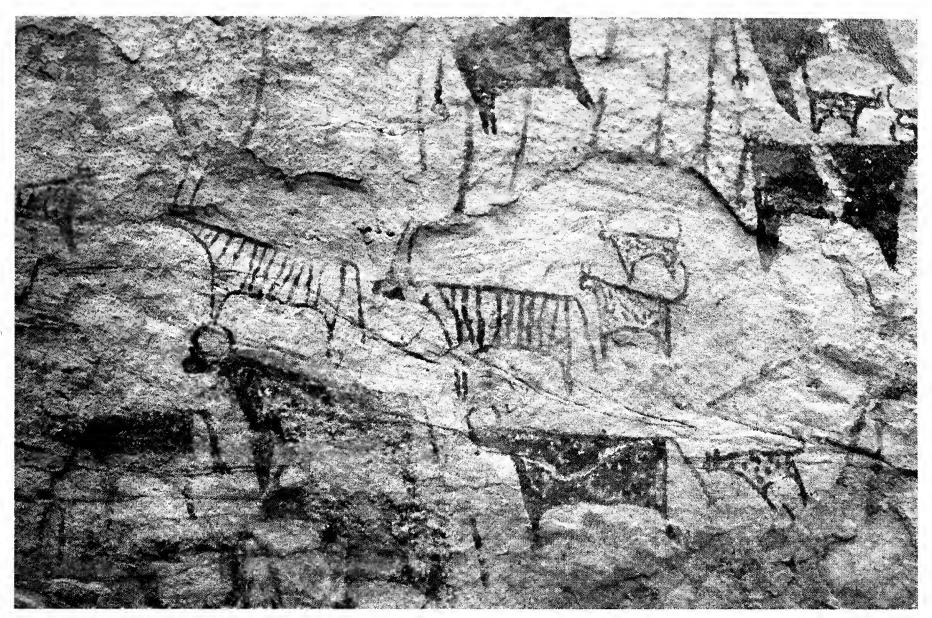



Fig. 196 - Sullùm Ba'attì: particolare delle pitture con bufali, antilopi, iene e numerosi antropomorfi schematizzati (foto Calegari).

Fig. 197 - Sullùm Ba'attì: figure dipinte nella parte alta del riparo, probabilmente è raffigurata anche una zebra (foto Calegari).

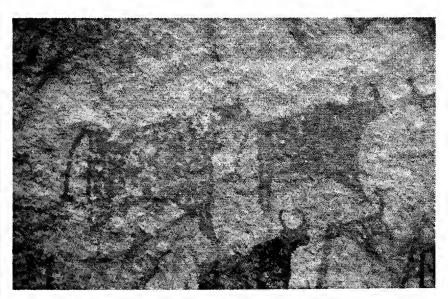



Fig. 198 - Sullùm Ba'attì: rappresentazione di probabili bufali (foto Calegari).

Fig. 199 - Sullùm Ba'attì: figure antropomorfe e bovini domestici (foto Calegari).

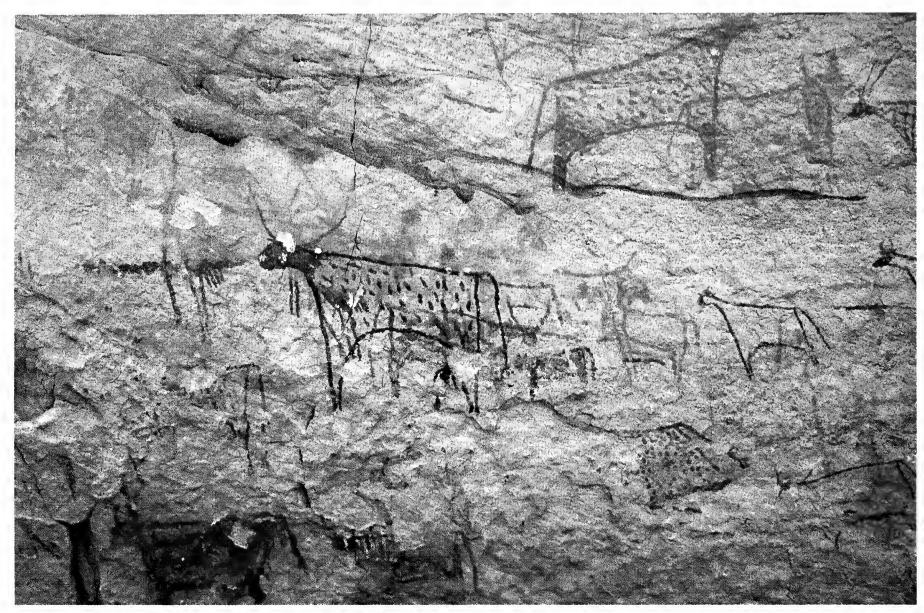



Fig. 200 - Sullùm Ba'attì: particolare delle pitture con bovini domestici. Si notano numerose sovrapposizioni (foto Calegari).

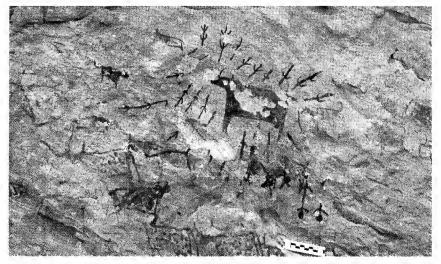



Fig. 201 - Sullùm Ba'attì: antropomorfi schematizzati «a zagaglia» circondano un bovino (foto Calegari).

Fig. 203 - Sullùm Ba'attì: particolare delle pitture con antilopi e bovini domestici. Il bovino in alto a destra presenta un curioso disegno spiraliforme o a cerchi concentrici nella parte posteriore del corpo (foto Calegari).

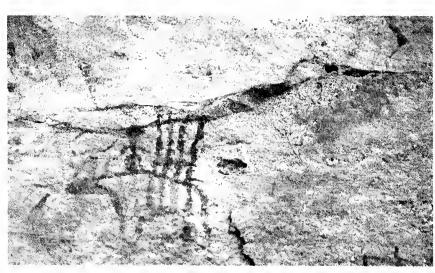



Fig. 202 - Sullùm Ba'attì: antropomorfo cavalca un animale dal cui dorso fuoriesce verso l'alto un fascio di linee; a destra l'immagine di un probabile felino (foto Calegari).

Fig. 204 - Sullùm Ba'attì: gruppo compatto di figure antropomorfe e zoomorfe nascosto da uno strato di ocra rossa che lo ricopre (foto Calegari).

Fig. 205 - Ba'attì Meshùl: mandria di buoi gibbuti, alcuni rossi sono contornati di bianco (foto Cicerale).

Fig. 206 - Ba'attì Meshùl: alcuni esempi di differenti tipologie stilistiche nella rappresentazione dei bovini; a sinistra si nota un bue gibbuto dalle forme massicce, al centro una stilizzazione allungata. Si notano graffi e interventi posteriori sulle pitture (foto Cicerale).

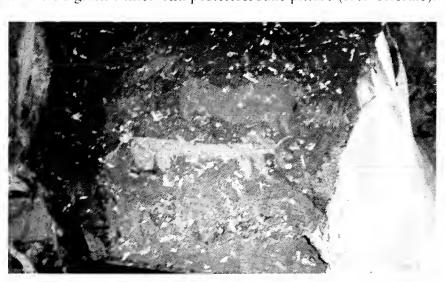



Fig. 207 - Ba'attì Meshùl: due bovini dello «stile» a corpo allungato e, più in alto, un bovino dai tratti più verosimili, di fronte al quale un pettiniforme potrebbe essere un'estrema semplificazione zoomorfa (foto Cicerale).

Fig. 208 - Ba'attì Meshùl: figura di bovide, forse un'antilope (foto Cicerale).

Fig. 209 - Addì Qansà I, prima cavità: scena di vitello che succhia il latte dalla madre (foto Franchini).

Fig. 210 - Addì Qansà I, terza cavità: particolare delle pitture. Al centro si nota una figura di bovino col corpo «a farfalla» o «a bipenne» decorato a puntini (foto Franchini).

Fig. 211 - Addì Qansà I, terza cavità: particolare delle pitture con il tema del pastore guerriero (foto Franchini).

Fig. 212 - Zebàn Onà Libanòs I: gruppo di guerrieri, tra i quali si scorge seduto un probabile suonatore di lira. A destra una grande figura di guerriero in nero (foto Calegari).

Fig. 213 - Zebàn Onà Libanòs I: particolare della parte inferiore delle pitture con alcuni episodi di carattere naturalistico (foto Calegari).

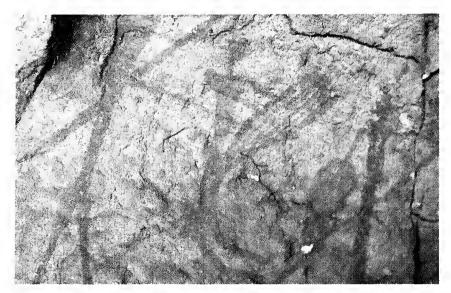



Fig. 214 - Zebàn Onà Libanòs I: particolare con un personaggio interpretato come suonatore di lira (foto Calegari).

Fig. 215 - Zebàn Onà Libanòs I: particolare della scena di mungitura; il corpo della mucca è decorato con linee curve di colore nero (foto Calegari).

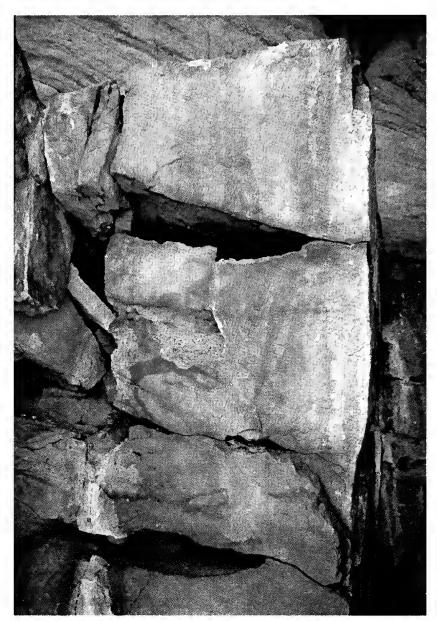



Fig. 216 - Zebàn Onà Libanòs I: particolare del «pannello» di sinistra, molto rovinato. Si scorge un grande personaggio con una coda posticcia o un *cache-sexe* frangiato (foto Calegari).

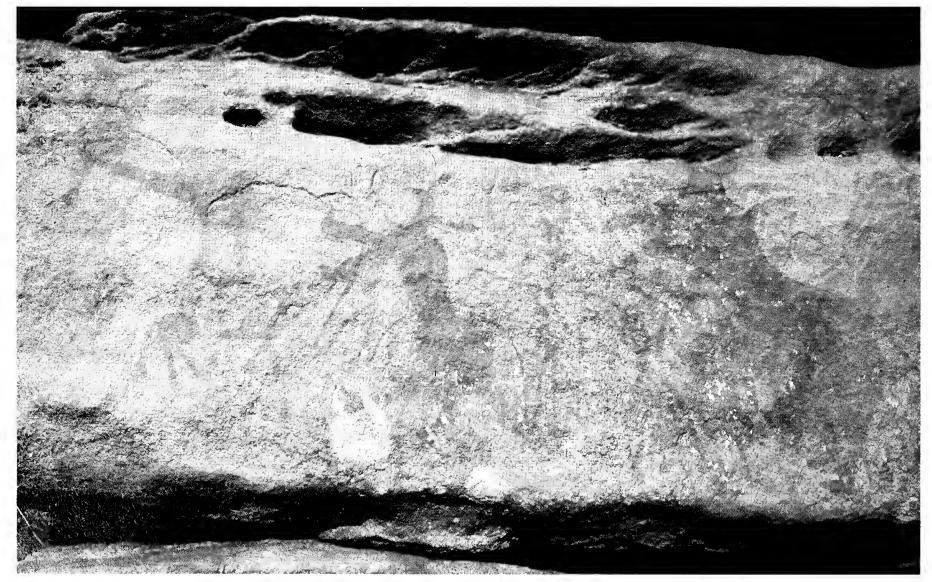



Fig. 217 - Zebàn Onà Libanòs II: particòlare del fregio dipinto con due bovini a «stazione eretta»; la figura di destra presenta un sottile contorno in nero (foto Calegari).

Fig. 218 - Onà Adì Qansà: figura circolare inquartata (foto Calegari).

Fig. 219 - Onà Adì Qansà: figure antropomorfe; due sono associate ad una figura lineare serpentiforme (foto Calegari).

Fig. 220 - Ba'attì Sullùm: particolare di un gruppo di bovini, tra i quali alcuni sono sbiaditi dagli agenti atmosferici (foto Calegari).

Fig. 221 - Ba'attì Sullùm: gruppo di bovini con manto variamente pezzato. La prima figura a sinistra rivela il disegno di base (foto Calegari).

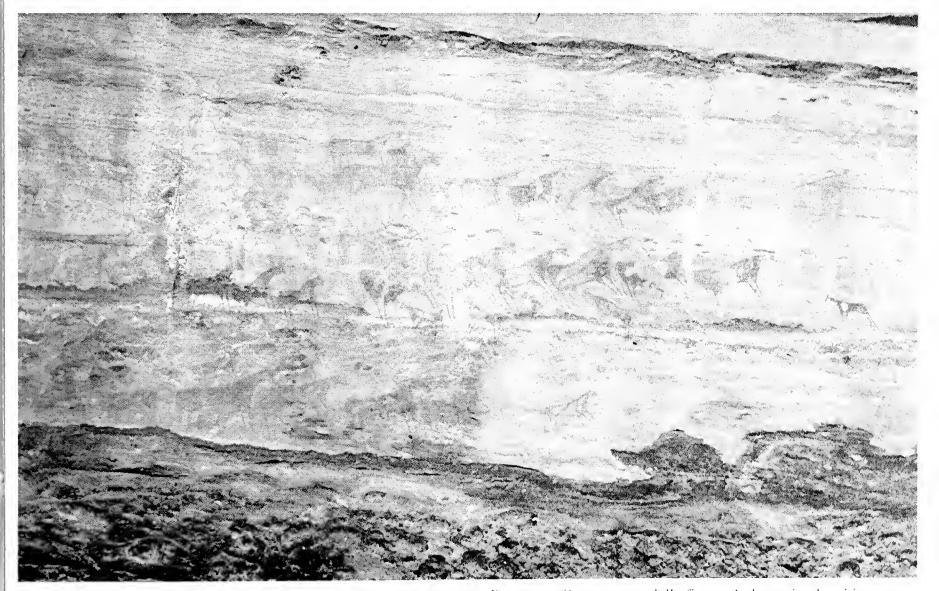



Fig. 222 - Ba'attì Sullùm: zona della parete dipinta che conserva il gruppo più numeroso delle figure. A destra in alto si intravedono le tracce di un grande bovino giallo (foto Calegari).

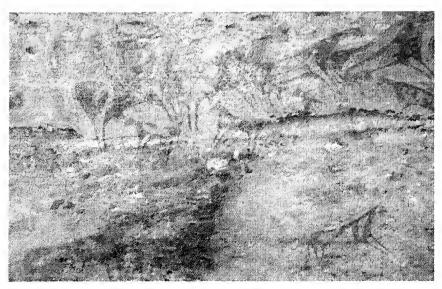



Fig. 223 - Ba'attì Sullùm: il gruppo delle mucche che allattano i vitelli (foto Calegari).

Fig. 225 - Ba'attì Sullùm: due disegni preparatori che costituiscono la base grafica delle figure del bovino (foto Calegari).

Fig. 224 - Ba'attì Sullùm: particolare con tre figure di bovini a campitura piena e con lunghe corna sottili (foto Calegari).

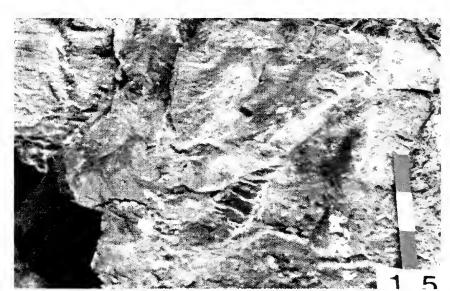



Fig. 226 - Ba'attì Sullùm: bovini isolati sulla parete (foto Calegari).

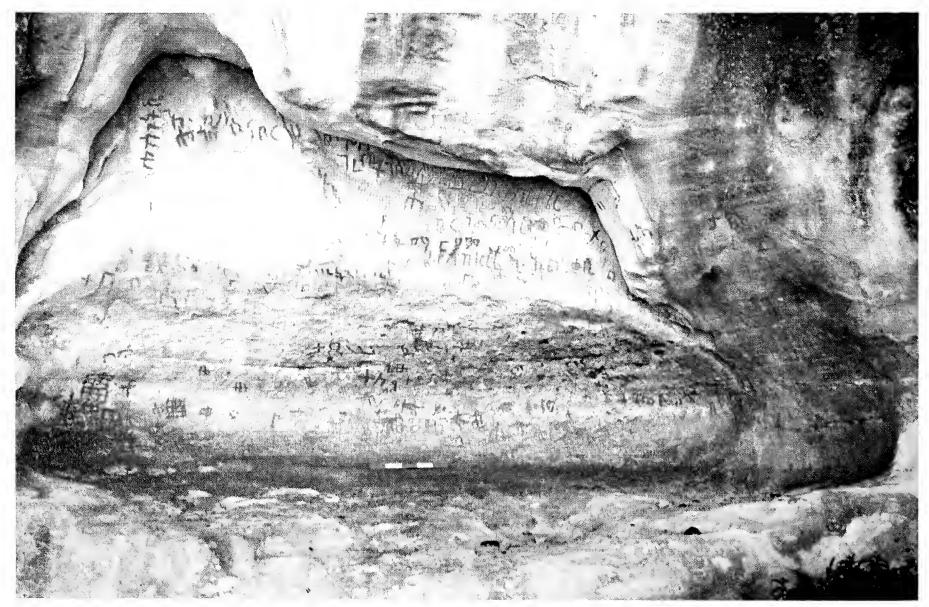



Fig. 227 - Ba'attì Sullùm di Auhenè – Lahlai Ghezà: la cavità dipinta (foto Calegari).

Fig. 228 - Zebàn Abùr II: composizione di bovini, a due coppie dei quali è aggiogato l'aratro; in alto a sinistra l'aratro è guidato da un personaggio (foto Cicerale).

Fig. 229 - Zebàn Abùr II: particolare della parete con composizioni dipinte entro nicchie naturali (foto Cicerale).

Fig. 230 - Zebàn Kebesà I: particolare con un felino che sembra aggredire un bovide; sotto si scorge un personaggio armato (foto Cicerale).

Fig. 231 - Zebàn Kebesà I: particolare con un felino che aggredisce un bovide (kudù); a sinistra un personaggio impugna un'arma dalla grande punta (foto Cicerale).

Fig. 232 - Zebàn Kebesà I: un settore della parete dipinta nel quale si scorgono rappresentazioni di bovidi di differenti «stili» e periodi. Al centro due coppie di animali che si affrontano (foto Cicerale).

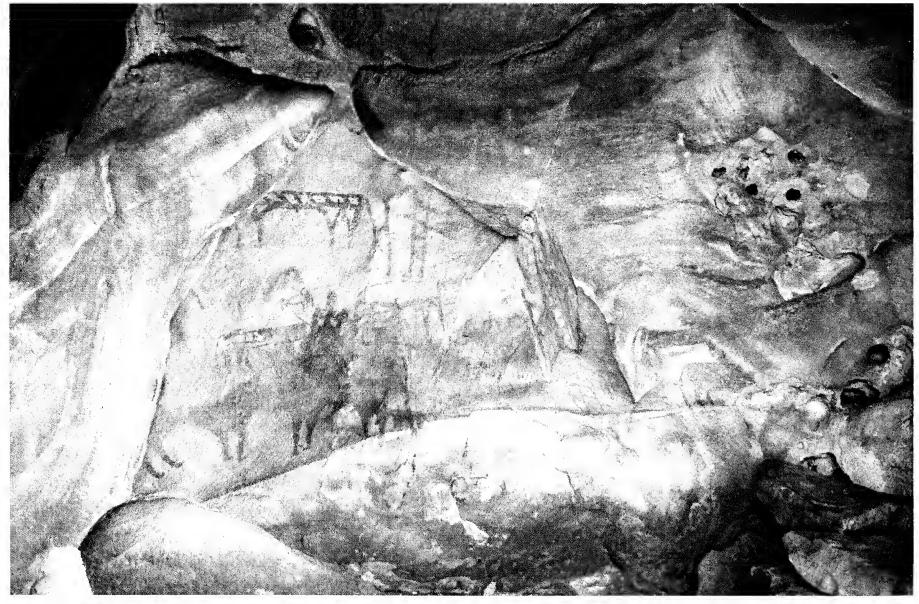



Fig. 233 - Zebàn Kebesà I: un settore della parete dipinta nel quale si notano in alto a sinistra un bovino allungato con il corpo quadrettato, seguito da un antropomorfo del medesimo «stile». Sotto due bovini che si affrontano (foto Cicerale).

Fig. 234 - Zebàn Kebesà I: bovino del tipo allungato con il corpo decorato a puntini. Sotto si nota un curioso antropomorfo armato di forcone, più recente (foto Cicerale).

Fig. 235 - Zebàn Kebesà I: bovini dal corpo allungato, buoi gibbuti in bianco schematizzati «a pettine», figura umana e un uccello a carboncino più recente (foto Cicerale).

Fig. 236 - Zebàn Kebesà II: figure di bovini con segni lineari ed un'immagine che ricorda una barca (foto Tajedim).

Fig. 237 - Ba'attì Onà: particolare della parete dipinta. Si osservano al centro in alto alcuni personaggi inscritti in una figura circolare (rappresentazione di un'abitazione) e in alto a destra una figura rettangolare da cui sembrano sporgere sei mani (foto Cicerale).

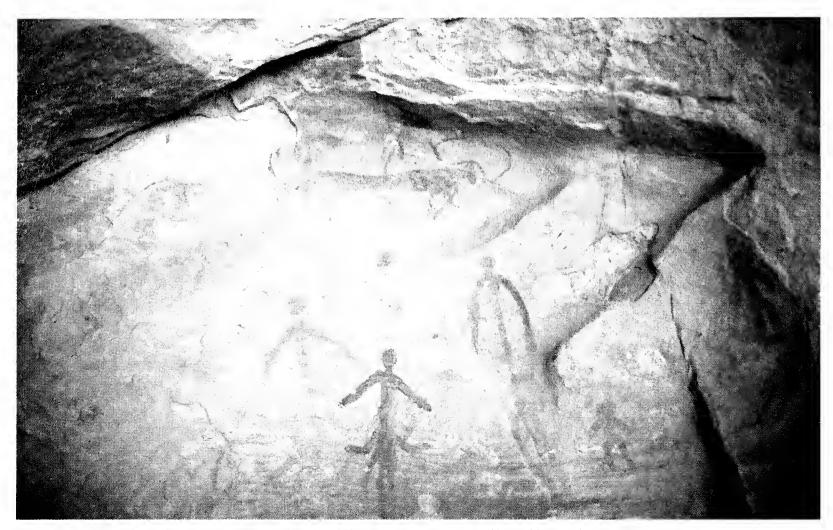



Fig. 238 - Ba'attì Onà: figure antropomorfe e bovini col corpo allungato (foto Cicerale).

Fig. 239 - Akezazaa Arah: particolare della parete dipinta con bovini di differenti «stili» e figure umane (foto Tajedim).

Fig. 240 - Akezazaa Arah: resti di pitture tra cui una testa di bovide di ottima fattura (foto Tajedim).

Fig. 241 – Iscmelè I: particolare della composizione a figure antropomorfe (foto Calegari).

Fig. 242 – Iscmelè I: le due composizioni presenti nel riparo (foto Calegari).

Fig. 243 – Iscmelè I: composizione a figure antropomorfe allineate : i «testimoni impassibili» (foto Calegari).

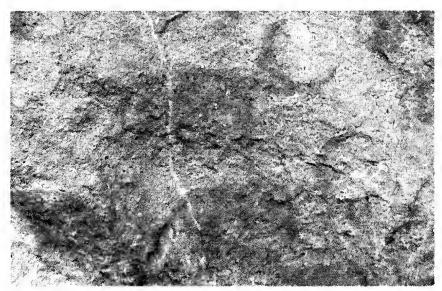



Fig. 244 – Iscmelè I: particolare della mandria con due mucche che allattano i loro piccoli (foto Calegari).

Fig. 245 – Iscmelè II: particolare della parete dipinta con figure zoomorfe e, in alto a sinistra, una figura umana con acconciatura «a fungo» (foto Calegari).

Fig. 246 – Iscmelè II: il riparo. Si notano tracce di fuochi che hanno rovinato e distrutto molte pitture (foto Calegari).

Fig. 247 - Emba Celai: parete incisa su cui spicca una «parata» di guerrieri armati; nella fascia inferiore è possibile scorgere due bovini (foto Franchini).

Fig. 248 - Sellìm Ba'attì: composizione con segni ovoidali allineati di colore rosso, sovrastati da un lungo «pettine». A sinistra si notano anche due figure antropomorfe (foto Cicerale).

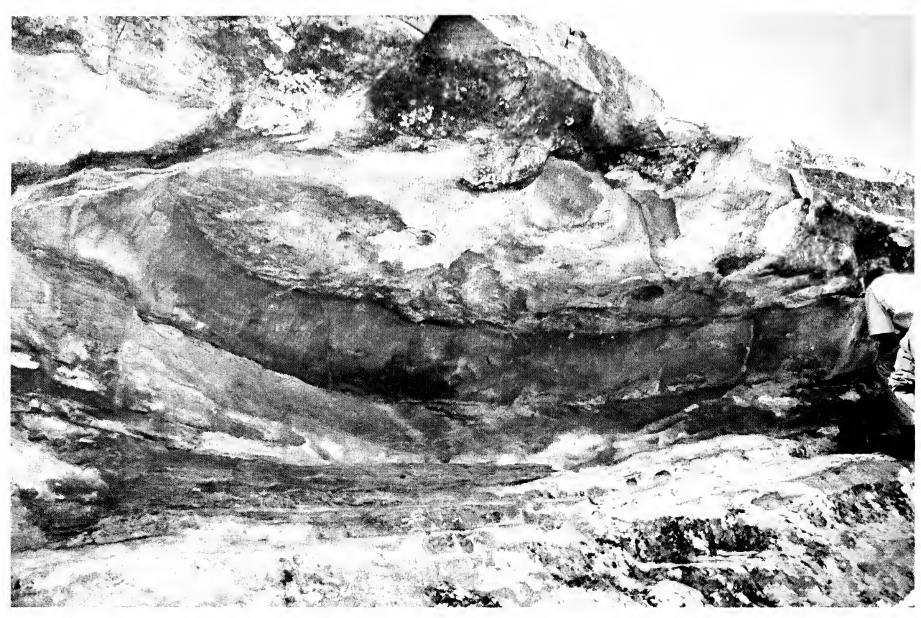



Fig. 249 - Jago: la piccola cavità e la veduta d'insieme della fascia dipinta (foto Calegari).

Fig. 250 – Jago: immagine di pastore guerriero che segue un bovino a corpo allungato (foto Calegari).

Fig. 252 – Jago: segni, personaggio con le gambe aperte e a destra un felino dalla lunga coda ricurva (foto Calegari).

Fig. 251 – Jago: particolare con un personaggio che tocca, o tiene per la coda, un bovino dal corpo quadrettato (foto Calegari).

Fig. 253 – Jago: pulizia elettronica (con viraggio cromatico) che evidenzia una coppia di guerrieri affiancati (elaborazione elettronica De Cola da foto Calegari).

Fig. 254 – Jago: pulizia elettronica (con viraggio cromatico) che evidenzia una coppia di personaggi abbracciati, con acconciatura «a fungo» (elaborazione elettronica De Cola da foto Calegari).

Fig. 255 – Jago: particolare con un bovino, un cavaliere e un personaggio con le gambe aperte (foto Calegari).

Fig. 256 – Jago: bue gibbuto schematizzato «a pettine», antropomorfo bitriangolare e cavaliere (foto Calegari).

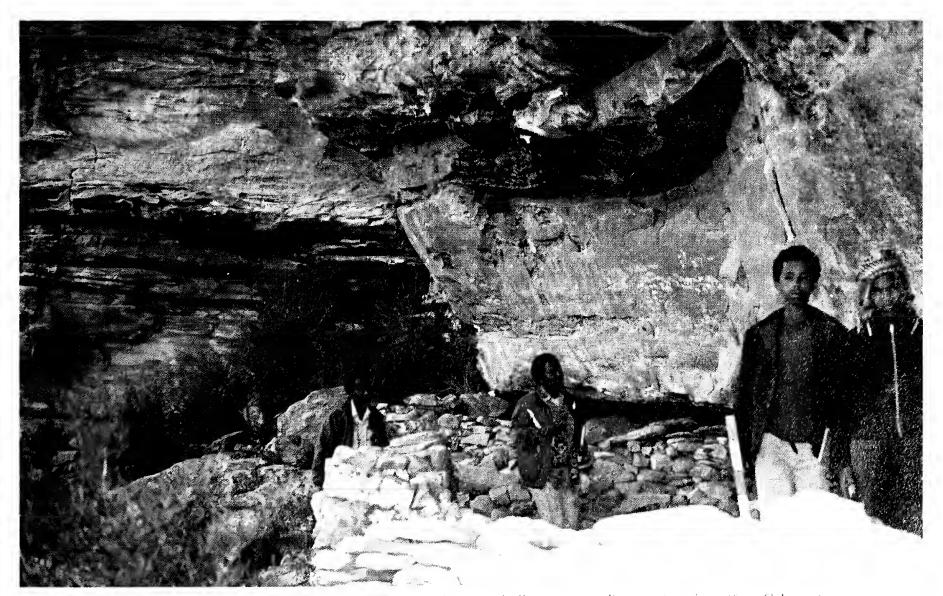



Fig. 257 – Addì Alautì - Cutub Le Galbà: il riparo. Muretti a secco indicano tracce di antropizzazione (foto Calegari).

Fig. 260 – Addì Alautì - Cutub Le Galbà: composizione con figure umane e due felini: gli uomini e gli animali sono uniti da linee interpretabili come corde o lance. Il personaggio di destra regge alta un'insegna costituita da un cerchio inquartato. Altre figure zoomorfe in colore bianco rappresentano buoi gibbuti (foto Calegari).

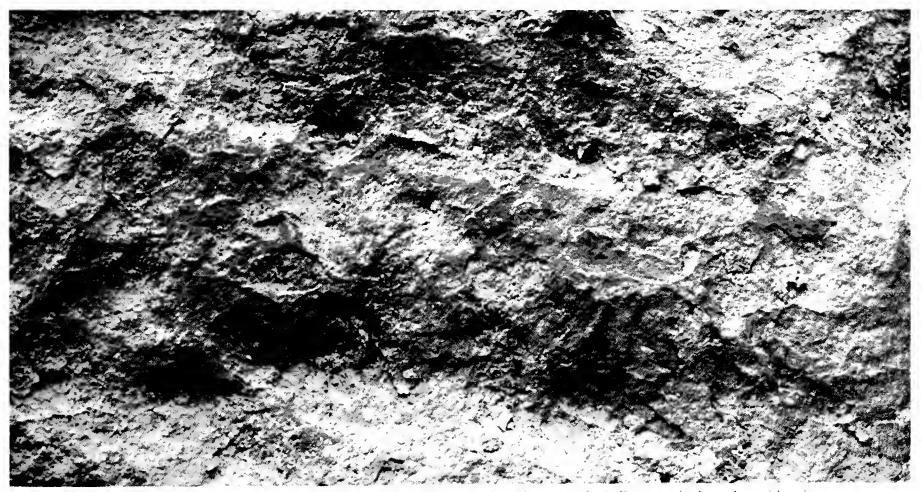



Fig. 261 – Addì Alautì - Cutub Le Galbà: pulizia elettronica (con viraggio cromatico) di un particolare che evidenzia un nugolo di frecce indirizzate verso un animale, probabilmente un felino (elaborazione elettronica De Cola da foto Calegari).

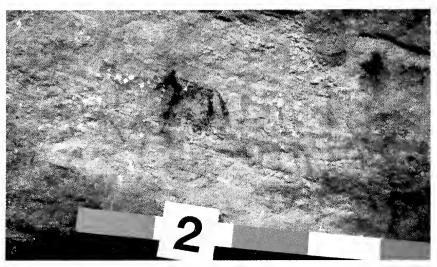



Fig. 262 – Addì Alautì - Cutub Le Galbà: mandria di cavalli guidata da un cavaliere armato di lancia, rovinati da segni recenti (foto Calegari).

Fig. 264 – Alati Itos: incisioni schematiche su un banco di roccia; si scorgono figure di cammelli (foto Tajedim).

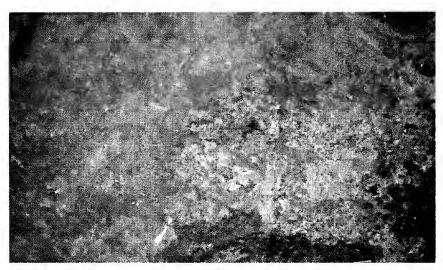



Fig. 263 – Addì Alautì - Cutub Le Galbà: branco di antilopi in una composizione a tre file sovrapposte (foto Calegari).

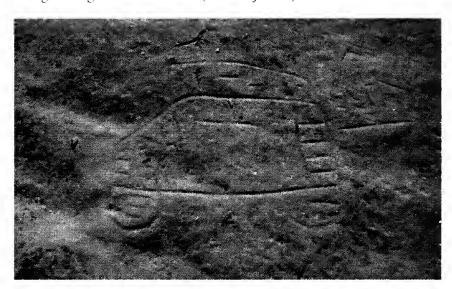



Fig. 265 - Presso i ruderi del villaggio di Kocait (non lontano da Ghenzabò): la «corriera», incisione di un autoveicolo su una lastra orizzontale (foto Calegari).

Fig. 266 - Nei pressi di Zebàn Onà Libanòs: numerose incisioni, in primo piano l'immagine di un edificio (foto Calegari).

Fig. 267 - Nei pressi di Zebàn Onà Libanòs: scene di combattimento con fucili - mitragliatori (foto Calegari).

Fig. 268 - Nei pressi di Zebàn Onà Libanòs: soldato caduto (foto Calegari).

BIBLIOGRAFIA

AA.VV., 1996 - Arte rupestre nel Ciad: Borku, Ennedi, Tibesti. Segrate (Milano).

ALLARD HUARD L., 1993 - Nil-Sahara, dialogues rupestres. Divajeu.

ANATI E., 1968a - Rock Art in Central Arabia. The "Oval Headed" People of Arabia. *Publications de l'Inst. Orientaliste de Louvain*, Louvain, 1.

ANATI E., 1968b - Rock Art in Central Arabia. Part 1: Fat tailed Sheep in Arabia. Part 2: The realistic-dynamic Style of Rock Art in the Jebel Qara. *Publications de l'Inst. Orientaliste de Louvain*, Louvain, 2.

ANATI E., 1972 - Rock Art in Central Arabia. Corpus of the Rock Engravings. *Publications de l'Inst. Orientaliste de Louvain*, Louvain, 3 (1-2).

ANATI E., 1974 - Rock Art in Central Arabia. Corpus of the Rock Engravings. Publications de l'Inst. Orientaliste de Louvain, Louvain, 4 (3-4).

ANFRAY F., 1967 - Les sculptures rupestres de Chabbè dans le Sidamo. *Annales d'Ethiopie*, Addis Ababa, 7: 19-22.

ANFRAY F., 1990 - Les Anciens Èthiopiens. Siècles d'histoire. Paris.

BAILLOUD G., 1959 - La prehistoire de l'Ethiopie. *Cahiers de l'Afrique et de l'Asie*, 5: 15-43.

BAILLOUD G., 1963 - La prehistoire de l'Ethiopie. *Tarik*, 2: 33-35.

BASSANI E., 1981 - Due Grandi Artisti Yombe: il Maestro della maternità Rosselli-Lorenzini e il Maestro della maternità De Briey. *Critica d'Arte Africana*, Vallecchi, Firenze, 178: 66-84.

BASSANI E., ZANOBINI M.T. & ZANOBINI V., 1990 - Il maestro di Warva. *Quaderni Poro*, Milano, 6.

BRANDT S. A., 1980 - Archaeological Investigations at Lake Besaka, Ethiopia. In: Leakey R.E., Ogot B.A. eds., *Proceedings of the 8th Panafrican Congress of Prehistory and Quaternary Studies, Nairobi 1977*, Nairobi: 239-243.

BRANDT S.A., 1984 - New Perspectives on the Origins of Food Production in Ethiopia. In: Clark J.D. & Brandt S.A. eds., *From Hunters to Farmers. The Causes and Consequences of Food Production in Africa.* University of California Press, Berkeley: 173-190.

BRANDT S.A., 1986 - The Upper Pleistocene and early Holocene prehistory of the Horn of Africa. *The African Archaeological Review*, 4: 41-82.

BRANDT S.A. & CARDER N., 1987 - Pastoral rock art in the Horn of Africa: making sense of udder chaos. *World Archaeology Rock Art,* 19 (2): 194-213.

BRANDT S.A. & FATTOVICH R., 1990 - Late Quaternary Archaeological Research in the Horn of Africa. In: Robertshaw P. edr., *A History of African Archaeology*. London - Portsmouth: 95-108.

BREUIL H., 1934 - Peintures rupestres préhistoriques du Harar (Abyssinie). *L'Anthropologie,* Paris, 14: 473-483.

CALEGARI G., 1994a - Arte rupestre in Eritrea. *Africa,* Roma, 49 (1): 120-123.

CALEGARI G., 1994b - Qualche riflessione a seguito delle missioni archeologiche del Centro Studi Archeologia Africana in Eritrea. *Valcamonica Symposium 1994 "Prehistoric and Tribal Art: Rock Art and Archaeology".* Capo di Ponte.

CALEGARI G., 1995 - Presenza del Paleolitico Inferiore in Eritrea. Segnalazione sull'Altopiano del Cohaito. *Archeologia Africana - Saggi occasionali,* Milano, 1: 23-28.

CALEGARI G., 1996 - I testimoni impassibili. *Archeologia Africana - Saggi occasionali*, Milano, 2: 31-46.

CALEGARI G., 1998a - Eco e riflessi di cambiamenti sociali e culturali dell'arte rupestre eritrea. *Proceedings of the XIII UISPP Congress, Forlì 1996*, 6 (1): 553–559.

CALEGARI G., 1998b - The dynamics of a pictorial theme of the pastoral period in the Horn of Africa: preliminary observations and comparisons. *Forum for African Archaeology and Cultural Heritage "Dynamics of populations, movements and responses to climatic change in Africa"*, Roma: 151-157.

CALEGARI G., TAJEDIM NUREDAIM Y. & BERHANE TESFAMARIAM, 1993 - Prima segnalazione dei bassorilievi con figure antropomorfe di Ba'atti Mariam (Eritrea). *Paleocronache,* Milano, 2: 47-52.

ČERVÍČEK P., 1971 - Rock paintings of Laga Oda (Ethiopia). *Paideuma*, Frankfurt a. M., 17: 121-136.

ČERVÍČEK P., 1976a - Catalogue of the Rock Art Collection of the Frobenius Institute, Wiesbaden.

ČERVÍČEK P., 1976b - Rock engravings from the Hamasén region, Eritrea. *Paideuma,* Frankfurt a. M., 22: 237-256.

ČERVÍČEK P., 1979 - Some African affinities of Arabian Rock Art. *Rassegna di Studi Etiopici,* Roma, 27: 5-12.

ČERVÍČEK P., 1984 - Rock drawings from Southern Libya and Northern Chad. *Annali dell'Istituto Universitario Orientale*, Napoli, 44: 11-28.

ČERVÍČEK P., 1993 - Chorology and chronology of Upper Egyptian and Nubian Rock Art up to 1400 bC. *Sahara*, Segrate (Milano), 5: 41-48.

ČERVÍČEK P. & BRAUKÄMPER U., 1975 - Rock paintings of Laga Gafra (Ethiopia). *Paideuma*, Frankfurt a. M., 21: 47-60.

CIMA F., 1997 - La fauna di Sullum Ba'attì. Prime possibili ipotesi. *Archeologia Africana - Saggi occasionali*, Milano, 3: 7-12.

CLARK J.D., 1954 - The Prehistoric Cultures of the Horn of Africa. Cambridge.

CLARK J.D., 1962 - The spread of food production in sub-Saharan Africa. *Journal of African History*, 3: 211-228.

CLARK J.D., 1967 - The problem of Neolithic Culture in Sub-Saharan Africa. In: Bishop W.W. & Clark J.D. eds., *Background to Evolution in Africa.* Chicago: 601-627.

CLARK J.D., 1970 - The Prehistory of Africa. London.

CLARK J.D., 1972 - The Prehistoric Cultures of the Horn of Africa. New York.

CLARK J.D., 1976a - The Domestication Process in sub-Saharan Africa with special reference to Ethiopia. In: Higgs E. edr., *Origine de l'élevage et de la domestication*. Nice: IX Congrés UISPP, colloque 20, prétirage. Paris: 56-115.

CLARK J.D., 1976b - Prehistoric Populations and Pressures Favoring Plant Domestication in Africa. In: Harlan J.R., De Wet J.M.J. & A. Stemler Eds., *Origins of African Plant Domestication*. The Hauge: 68-105.

CLARK J.D., 1980 - The Origins of Domestication in Ethiopia. In: Leakey R.E., Ogot B.A. Eds., *Proceedings of the 8th Panafrican Congress of Prehistory and Quaternary Studies, Nairobi 1977.* Nairobi: 268-270

CLARK J.D. & PRINCE G.R., 1978 - Use-wear on Later Stone Age Microliths from Laga Oda, Haraghè, Ethiopia, and possible Functional Interpretations. *Azania*, London, 13: 101-110.

CLARK J.D. & WILLIAMS M.A.I., 1978 - Recent Archaeological Research in Southeastern Ethiopia, 1974-1975. *Annales d'Ethiopie*, Addis Ababa, 11: 19-42.

CONSOCIAZIONE TURISTICA ITALIANA, 1938 - Guida dell'Africa Orientale Italiana. Milano.

CONTI ROSSINI C., 1900 - Ricerche e studi sull'Etiopia. *Bollettino della Società Geografica Italiana*, Roma, vol. 37, serie 4, vol. 1: 104-120.

CONTI ROSSINI C., 1903 - Documenti per l'archeologia eritrea nella bassa Valle del Barca. *Rendiconti della R. Accademia dei Lincei*, Roma, serie 5, 12 (4): 139-150.

CONTI ROSSINI C., 1922 - Antiche rovine sulle Rore eritree. *Rendiconti morali della R. Accademia dei Lincei*, Roma, serie 5, 31: 241-278.

CONTI ROSSINI C., 1928 - Storia d'Etiopia, parte prima. Dalle origini all'avvento della dinastia Salomonide. Bergamo.

CONTI ROSSINI C., 1943 - Incisioni rupestri all'Haggher. *Rassegna di Studi Etiopici*, Roma, 3: 94-110.

CONTI ROSSINI C., 1948 - Incisioni su pietra a Mumât Ezûm. *Rassegna di Studi Etiopici*, Roma, 7: 113-115.

D'ABBADIE A., 1842 - Voyage en Abissinie. Lettera a M. Jomard. *Bollettino della Società Geografica Francese*, Paris, sez. 2, 18: 335-344.

DAINELLI G. & MARINELLI O., 1908 - Le prime notizie sulle rovine del Cohaito nella Colonia eritrea. *Bollettino della Società Africana d'Italia*, Napoli, anno 27, (3-4): 1-20.

DAINELLI G. & MARINELLI O., 1912 - Risultati scientifici di un viaggio nella colonia eritrea. Firenze.

DE COLA L., 1998 - Image processing avec l'ordinateur individuel. Pulizia elettronica (P. E.) d'une peinture rupestre à Zebàn Onà Libanòs, Èritrhée. *Archeologia Africana - Saggi occasionali*, Milano, 4: 19-22.

DI CAPORIACCO L. & GRAZIOSI P., 1934 - Le pitture rupestri di Àin Doua (El Auenat). Centro Studi Coloniali, Firenze.

FARINA P., in press – Una nuova scena di aratura nell'arte rupestre dell'Eritrea. *Archeologia Africana - Saggi occasionali*, Milano, 5.

FATTOVICH R., 1983 - I rilievi rupestri di Daarò Caulòs presso Asmara (Etiopia). *Annali Istituto Orientale*, Napoli, 43: 241-247.

FATTOVICH R., 1985 - Elementi per la preistoria del Sudan orientale e dell'Etiopia settentrionale. *Studi di Paleontologia in onore di Salvatore Puglisi*, Roma: 451-463.

FATTOVICH R., 1992 - Lineamenti di storia dell'archeologia dell'Etiopia e della Somalia. Napoli, Supplemento n°1 agli Annali, 52 (2).

FATTOVICH R., 1993 - L'archeologia in Etiopia e in Eritrea. Aspetti, problemi e prospettive. *Africa*, Roma, 48 (3).

FORNI G., 1993 - L'origine dell'allevamento bovino, dell'aratura e del carro a stanghe in Africa nord-orientale: ricerche per l'interpretazione dell'arte rupestre sahariana. *Memorie*, Milano, 26: 217-235.
FRANCHINI C., 1996 - Eritrea cose viste. Roma.
FRANCHINI V., 1941 - Note su alcune stazioni d'arte rupestre in Eritrea. *Rassegna di Studi Etiopici*, Roma, 1: 44-45.
FRANCHINI V., 1951 - Pitture rupestri a Sullum Baatti. *Rassegna di Studi Etiopici*, Roma, 10: 121-123.
FRANCHINI V., 1952 - Pitture rupestri a Ba'atti Sullum nel Deghien. *Rassegna di Studi Etiopici*, Roma, 11: 42-48.
FRANCHINI V., 1953 - La zona archeologica di Macheda. *Il Bollettino, Istituto di Studi Etiopici*, Asmara, 1: 21-24.
FRANCHINI V., 1954 - Ritrovamenti archeologici in Eritrea. *Rassegna di Studi Etiopici*, Roma, 12: 5-28.
FRANCHINI V., 1958 - Altre pitture rupestri nell'Akkelè Guzay. *Bollettino, Istituto di Studi Etiopici*, Asmara, 2: 1-12, 47-51.
FRANCHINI V., 1960a - Le pitture rupestri di Mesbàr Gueibì. *Federazione*, Asmara.
FRANCHINI V., 1960b - Notizie su alcune pitture ed incisioni rupestri recentemente ritrovate in Eritrea. *Atti del Conv. Int. di Studi Etiopici, Acc. Naz. dei Lincei*, Roma, 48: 285-289.
FRANCHINI V., 1961 - Pitture rupestri e antichi resti architettonici dell'Acchelè Guzai (Eritrea). *Rassegna di Studi Etiopici*, Roma, 17: 5-10.
FRANCHINI V., 1964a - I graffiti rupestri di Edit. *Bollettino, Istituto di Studi Etiopici*, Asmara, 3: 9-12 e 10 tavv.
FRANCHINI V., 1964b - Nuovi ritrovamenti di pitture rupestri e graffiti in Eritrea. *Rassegna di Studi Etiopici*, Roma, 20: 97-102.
FRANCHINI V., 1969 - Stazioni rupestri d'Eritrea. *Sestante*, Asmara: 85-88.
FRANCHINI V., 1980 - Note su alcune stazioni d'arte rupestre in Eritrea. *Quaderni di Studi Etiopici*, Asmara, 1: 47-53.
GARCIA A. & RACHAD M., 1997 - L'art des origines au Yemen. *Ed. du Seuil*, Paris.
GAUDIO A., 1953 - Quattro ritrovamenti archeologici e paleografici in Eritrea. *Il Bollettino, Istituto di Studi Etiopici*, Asmara, 1: 44-49.
GRAZIOSI P., 1941 - Le pitture rupestri dell'Amba Focadà (Eritrea). *Rassegna di Studi Etiopici*, Roma, 1: 61-70.
GRAZIOSI P., 1942 - L'arte rupestre della Libia. Napoli.
GRAZIOSI P., 1964a - Figure rupestri schematiche nell'Acchelè Guzai (Etiopia). *Rivista di Scienze Preistoriche*, Firenze, 19: 265-275.
GRAZIOSI P., 1964b - New Discoveries of Rock Paintings in Ethiopia. *Antiquity*, 38: 91-98, 187-190.
GRAZIOSI P., 1964c - Brevi osservazioni sulle pitture rupestri nell'Acchelè Guzay. *Bollettino, Istituto di Studi Etiopici*, Asmara, 3, 13-17.
GRAZIOSI P., 1965 - La preistoria etiopica. *Sestante*, Asmara: 55-58.
HUARD P. & ALLARD HUARD L., 1978 - Les peintures rupestres du Sahara et du Nil. *Etudes Scientifiques*, Le Caire.
JOUSSAUME R., 1981 - L'art rupestre de l'Ethiopie, Recherches sur les grandes civilisations. Hommage au Professeur L. Balout. Synthèse n.6: 159-175.
JOUSSAUME R., 1995 - Préhistoire récente (protohistoire) de la Corne de l'Afrique. In: Joussaume R. (a cura di) *Tiya, l'Ethiopie des mégalithes. Du biface à l'art rupestre dans la Corne de l'Afrique. A.P.C., Mémoire*, 11: 19-115.
JUNKER, 1889 - Reisen in Afrika. Vienna, 1.
KROMER K., 1970 - Österreichische Felsbilderaufnahme in Sayala, Ägyptisch-Nubien. *Valcamonica Symposium*, Capo di Ponte: 315-328.
MAJEED KHAN, 1993 - Prehistoric Rock Art of Northern Saudi Arabia. Riyadh.
MARAZZANI VISCONTI F., 1902-1907 - Allegati alla relazione sulla Colonia Eritrea del R. Commissario Ferdinando Martini. 3.
MARCHI E., 1909 - Studi sulla pastorizia della Colonia Eritrea. *L'Agricoltura Coloniale*, Firenze, anno 3, 2: 71-111; 3: 149-183.
MORDINI A., 1941 - Un riparo sotto roccia con pitture rupestri nell'Amba Focada (Agamè). *Rassegna di Studi Etiopici*, Roma, 1: 54-60.
PIVA A., 1907 - Origine, fisionomia e storia delle antiche genti dell'Eritrea. *Rivista Coloniale*, Roma: 283-301.
RICCI L., 1956 - Ritrovamenti archeologici in Eritrea. *Oriente Moderno*, Roma, 6: 405-407.
RICCI L., 1959 - Ritrovamenti archeologici in Eritrea. *Rassegna di Studi Etiopici*, Roma, 14: 48-58.
RICCI L., 1960a - Iscrizioni rupestri dell'Eritrea. *Rassegna di Studi Etiopici*, Roma, 15: 55-95.
RICCI L., 1960b - Notizie archeologiche. *Rassegna di Studi Etiopici*, Roma, 16: 120-123.
ROUBET C., 1970 - Prospections et decouvertes prehistoriques en Dancalia. *Annales d'Ethiopie*, Addis Ababa, 8: 13-20.
RUSSEL S., 1884 - Une mission en Abissinie et dans la Mer Rouge. Paris.
RYCKMANS G., 1957 - Une "Ethiopienne" en Arabie. *Annales d'Ethiopie*, Addis Ababa, 2: 3-5.
SAPETO G., 1871 - Ambasciata mandata nel 1859 dal Governo Francese a Negussiè. *Bollettino Società Geografica Italiana*, Firenze, 6, (1).
SCHOELLER M. ,1895 - Mittheilungen uber meine reise in der Colonia Eritrea. Berlino: 237-238.
SMITH A.B., 1980 - Domesticated Cattle in the Sahara and their introduction into West Africa. In: Williams M.A.J. & Faure H. eds., *The Sahara and the Nile*. Rotterdam, Balkema: 467-487.
SMITH A.B., 1984 - Origins of the Neolithic in the Sahara. In: Clark J.D. & Brandt S.A. eds., *From Hunters to Farmers. The Causes and Cosequences of Food Production in Africa. University of California Press*, Berkeley: 84-92.
SMITH A.B., 1985 - The Ethnoarchaeology of pastoralism in the Saharan and Sahel zones of West Africa. *Studi di Paletnologia in onore di Salvatore M. Puglisi. Università di Roma "La Sapienza"*, Roma: 57-70.
SMITH A.B., 1986 - Cattle Domestication in North Africa. *The African Archaeological Review*, 4: 197-203.
STRIEDTER K.H., 1984 - Felsbilder der Sahara. München.
TESFAYE G., 1979 - Decouverte de gravures prehistoriques dans la vallée de Gunda Gundie (Agamè, Etiopia). *Abbay*, Paris, 10: 75-77.
TOURING CLUB ITALIANO, 1929 - Guida d'Italia. Possedimenti e Colonie. Milano.
TRINGALI G., 1990 - Danni alle sculture di Daarò Caulòs. *Rassegna di Studi Etiopici*, Roma, 32: 167-170.
VAN NOTEN F., 1978 - Rock art of the Jebel Uweinat (Libyan Sahara). Graz.
VIGLIARDI MICHELI A., 1956 - Le pitture rupestri di Carora. *Rivista di Scienze Preistoriche*, Firenze, 11: 193-210.
WILLCOX A.R., 1984 - The Rock Art of Africa. London & Canberra.
WINKLER H.A., 1938 - Rock-drawings of Southern Upper Egypt. London, 1.
WINKLER H.A., 1939 - Rock-drawings of Southern Upper Egypt. London, 2.

Giulio Calegari: Museo Civico di Storia Naturale di Milano, Sezione Paletnologia, Corso Venezia 55, 20121 Milano (Italy)
Centro Studi Archeologia Africana, Corso Venezia, 55 - 20121 Milano (Italy)

L'arte rupestre dell'Eritrea. Repertorio ragionato ed esegesi iconografica
Memorie della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano
Volume XXIX - Facicolo I

INDICE DELLE LOCALITÀ

Addì Alautì - Cutub Le Galbà ... Pag. 142
Addì Caiè ... Pag. 132
Addi Habenalì ... Pag. 55
Addì Qansà I ... Pag. 64
Addì Qansà II - Ba' attì Guaguà ... Pag. 67
Adi Anzarafò ... Pag. 57
Adi Cosciò ... Pag. 61
Adì Uolebài (Biet Hebèi) ... Pag. 79
Af Dugum ... Pag. 56
Akezazaa Arah ... Pag. 125
Alati Itos ... Pag. 145
Ba'àt Afrùs (Za'arrè) ... Pag. 84
Ba'at Afrùs I ... Pag. 99
Ba'at Afrùs II di Biet Semaetì ... Pag. 100
Ba'attì Abba Keisì ... Pag. 62
Ba'attì Chelìt ... Pag. 81
Ba'attì Dongolò ... Pag. 123
Ba'attì Guaguà di Chenafenà ... Pag. 59
Ba'attì Koborò ... Pag. 123
Ba'attì Mariam ... Pag. 38
Ba'attì Meshùl ... Pag. 60
Ba'attì Mobquàl (Za'arrè) ... Pag. 82
Ba'attì Onà ... Pag. 124
Ba'attì Onà di Mebarò ... Pag. 79
Ba'attì Sullùm ... Pag. 93
Ba'attì Sullùm di Auhenè - Lahlai Ghezà (Auhenè) ... Pag. 111
Ba'attì Terqè ... Pag. 108
Ba'attì Uod Dengheziè ... Pag. 81
Ba'attì Uqùb ... Pag. 109
Bardèg ... Pag. 69
Car Saglà ... Pag. 62
Carora - Abba Ciakat ... Pag. 25
Cohè Edagà ... Pag. 68
Cor Sahunè ... Pag. 70
Cullitè ... Pag. 28
Daarò Caulòs ... Pag. 36
Danga ... Pag. 27
Decanamo ... Pag. 144
Dembe Wadi Mudui ... Pag. 36
Deudeu ... Pag. 27
Dighim ... Pag. 89
Dinaè ... Pag. 29
Dugum ... Pag. 56
Edagà Sellùs ... Pag. 80
Elit ... Pag. 30
Emba Barià ... Pag. 44
Emba Celai ... Pag. 132
Emba Siè ... Pag. 102
Emba Telbà ... Pag. 126
Endà Abbà Garimà I ... Pag. 106
Endà Abbà Garimà II ... Pag. 106
Endà Abùne Tekhlè ... Pag. 42
Endà Atal ... Pag. 54
Enda Ghehè (Adì Belià) ... Pag. 47
Endà Nehbì ... Pag. 51
Feqyà ... Pag. 125
Gamà ... Pag. 87
Ghezà Mogunò ... Pag. 72
Ghirè ... Pag. 27
Gobò Abahà ... Pag. 104
Gobò Adi Ambar ... Pag. 87
Har'òm ... Pag. 32
Hulùm Barèto (Auhenè) ... Pag. 112
Iscmelè I e II ... Pag. 128
Jago ... Pag. 139
Kesad Qernì ... Pag. 116
Kortamit ... Pag. 32
Lahlai Fecioquà ... Pag. 43
Lamdrara ... Pag. 35
Lamehè ... Pag. 91
Mai Dubburò (Mai Ezghì) ... Pag. 91
Mai Mengas ... Pag. 58
Mai Qernì ... Pag. 77
Maji Malehèšš ... Pag. 34
May Ba'attì (Biet Semaetì) ... Pag. 101
Mebhà Worqì - Mebhà Genzeb (Ad Teclesan) ... Pag. 30
Mehbà Eclì ... Pag. 103
Meregà Ghedè ... Pag. 63
Mesbàr Gueibì I ... Pag. 52
Mesbàr Gueibì II ... Pag. 54
Messelach Aderessom ... Pag. 59
Meteccà Arè (Auhenè) ... Pag. 113
Mezab Alabù ... Pag. 46
Mogò (Auhenè) ... Pag. 115
Montotò ... Pag. 40
Nagràn ... Pag. 26
Nishtò Cohò ... Pag. 86
Onà Adì Qansà ... Pag. 77
Quantebba ... Pag. 31
Sa'ada Ba'attì I, II, III (Zebàn Roboblè) ... Pag. 135
Sarò ... Pag. 137
Sellìm Ba'attì (Zebàn Roboblè) ... Pag. 134
Sihillò ... Pag. 139
Sokuàr Emnì ... Pag. 47
Soqelà (Za'arrè) ... Pag. 84
Sullùm Ba'attì ... Pag. 48
Temalihè ... Pag. 96
Ungullè ... Pag. 127
Zebàn Abùr I ... Pag. 117
Zebàn Abùr II ... Pag. 119
Zebàn Aw'alò ... Pag. 127
Zebàn Imbà ... Pag. 128
Zebàn Kebesà I ... Pag. 120
Zebàn Kebesà II ... Pag. 122
Zebàn Onà Libanòs I ... Pag. 72
Zebàn Onà Libanòs II ... Pag. 75

INDICE

Introduzione .... Pag. 4
Ringraziamenti .... Pag. 5
Cenno sulla storia delle scoperte delle principali stazioni d'arte rupestre dell'Eritrea .... Pag. 6
Premessa .... Pag. 6
Ordinamento cronologico - culturale dell'arte rupestre eritrea .... Pag. 8
Cronologia relativa e «fasi» .... Pag. 8
Approfondimento e confronti delle sequenze iconografiche .... Pag. 10
Tematiche figurative .... Pag. 15
La mucca con il vitello .... Pag. 15
Il gruppo degli uomini allineati .... Pag. 17
Il guerriero esteta: l'icona del guerriero e il pastore guerriero .... Pag. 18
Il felino che attacca .... Pag. 19
Composizioni di punti o coppelle allineati .... Pag. 20
Scena di aratura .... Pag. 20
La mandria .... Pag. 21
Scene di combattimento .... Pag. 23
Repertorio dei siti di arte rupestre .... Pag. 25
Bibliografia .... Pag. 171
Indice delle località .... Pag. 173

Volume XIII

I - VENZO S., 1961- Rilevamento geologico dell'anfiteatro morenico del Garda. Parte II. Tratto orientale Garda-Adige e anfiteatro atesino di Rivoli veronese. *pp. 1-64, 25 figg., 9 tavv., 1 carta.*

II - PINNA G., 1963 - Ammoniti del Lias superiore (Toarciano) dell'Alpe Turati (Erba, Como). Generi *Mercaticeras, Pseudomercaticeras* e *Brodieia. pp. 65-98, 2 figg., 4 tavv.*

III - ZANZUCCHI G., 1963 - Le Ammoniti del Lias superiore (Toarciano) di Entratico in Val Cavallina (Bergamasco orientale). *pp. 99-146, 2 figg. 8 tavv.*

Volume XIV

I - VENZO S., 1965 - Rilevamento geologico dell'anfiteatro morenico frontale del Garda dal Chiese all'Adige. *pp. 1-82, 11 figg., 4 tavv., 1 carta.*

II - PINNA G., 1966 - Ammoniti del Lias superiore (Toarciano) dell'Alpe Turati (Erba, Como). Famiglia *Dactylioceratidae. pp. 83-136, 4 tavv.*

III - DIENI I., MASSARI F. e MONTANARI L., 1966 - Il Paleogene dei dintorni di Orosei (Sardegna). *pp. 13-184, 5 figg., 8 tavv.*

Volume XV

I - CARETTO P. G., 1966 - Nuova classificazione di alcuni Briozoi pliocenici, precedentemente determinati quali Idrozoi del genere *Hydractinia* Van Beneden. *pp. 1-88, 27 figg. 9 tavv.*

II - DIENI I. e MASSARI F., 1966 - Il Neogene e il Quaternario dei dintorni di Orosei (Sardegna). *pp. 89-142, 8 figg., 7 tavv.*

III - BARBIERI F., IACCARINO S., BARBIERI F. & PETRUCCI F., 1967 - Il Pliocene del Subappennino Piacentino-Parmense-Reggiano. *pp. 143-188, 20 figg., 3 tavv.*

Volume XVI

I - CARETTO P. G., 1967 - Studio morfologico con l'ausilio del metodo statistico e nuova classificazione dei Gasteropodi pliocenici attribuibili al *Murex brandaris* Linneo. *pp. 1-60, 1 fig., 7 tabb., 10 tavv.*

II - SACCHI VIALLI G. e CANTALUPPI G., 1967 - I nuovi fossili di Gozzano (Prealpi piemontesi). *pp. 61-128, 30 figg., 8 tavv.*

III - PIGORINI B., 1967 - Aspetti sedimentologici del Mare Adriatico. *pp. 129-200, 13 figg., 4 tabb. 7 tavv.*

Volume XVII

I - PINNA G., 1968 - Ammoniti del Lias superiore (Toarciano) dell'Alpe Turati (Erba, Como). Famiglie *Lytoceratidae, Nannolytoceratidae, Hammatoceratidae* (excl. *Phymatoceratinae) Hildoceratidae* (excl. *Hildoceratinae* e *Bouleiceratinae). pp. 1-70, 2 tavv. n.t., 6 figg., 6 tavv.*

II - VENZO S. & PELOSIO G., 1968 - Nuova fauna a Ammonoidi dell'Anisico superiore di Lenna in Val Brembana (Bergamo). *pp. 71-142, 5 figg., 11 tavv.*

III - PELOSIO G., 1968 - Ammoniti del Lias superiore (Toarciano) dell'Alpe Turati (Erba, Como). Generi *Hildoceras, Phymatoceras, Paroniceras* e *Frechiella.* Conclusioni generali. *pp. 143-204, 2 figg., 6 tavv.*

Volume XVIII

I - PINNA G., 1969 - Revisione delle ammoniti figurate da Giuseppe Meneghini nelle Tavv. 1-22 della «*Monographie des fossiles du calcaire rouge ammonitique*» (1867-1881). *pp. 5-22, 2 figg., 6 tavv.*

II - MONTANARI L., 1969 - Aspetti geologici del Lias di Gozzano (Lago d'Orta). *pp. 23-92, 42 figg., 4 tavv. n.t.*

III - PETRUCCI F., BORTOLAMI G. C. & DAL PIAZ G. V., 1970 - Ricerche sull'anfiteatro morenico di Rivoli-Avigliana (Prov. Torino) e sul suo substrato cristallino. *pp. 93-169, con carta a colori al 1:40.000, 14 figg., 4 tavv. a colori e 2 b.n.*

Volume XIX

I - CANTALUPPI G., 1970 - Le *Hildoceratidae* del Lias medio delle regioni mediterranee. Loro successione e modificazioni nel tempo. Riflessi biostratigrafici e sistematici. *pp. 5-46, con 2 tabelle nel testo.*

II - PINNA G. & LEVI-SETTI F., 1971 - I *Dactylioceratidae* della Provincia Mediterranea *(Cephalopoda Ammonoidea). pp. 47-136, 21 figg., 12 tavv.*

III - PELOSIO G., 1973 - Le ammoniti del Trias medio di Asklepieion (Argolide, Grecia). I. Fauna del «calcare a *Ptychites*» (Anisico sup.). *pp. 137-168, 3 figg., 9 tavv.*

Volume XX

I - CORNAGGIA CASTIGLIONI O., 1971 - La cultura di Remedello. Problematica ed ergologia di una facies dell'Eneolitico Padano. *pp. 5-80, 2 figg., 20 tavv.*

II - PETRUCCI F. 1972 -Il bacino del Torrente Cinghio (Prov. Parma). Studio sulla stabilità dei versanti e conservazione del suolo. *pp. 81-127, 37 figg., 6 carte tematiche.*

III - CERETTI E. & POLUZZI A., 1973 - Briozoi della biocalcarenite del Fosso dl S. Spirito (Chieti, Abruzzi). *pp. 129-169, 18 figg., 2 tavv.*

Volume XXI

I - PINNA G., 1974 - I crostacei della fauna triassica di Cene in Val Seriana (Bergamo). *pp. 5-34, 16 figg., 16 tavv.*

II - POLUZZI A., 1975 - I Briozoi Cheilostomi del Pliocene della Val d'Arda (Piacenza, Italia). *pp. 35-78, 6 figg., 5 tavv.*

III - BRAMBILLA G., 1976 - I Molluschi pliocenici di Villalvernia Alessandria). I. Lamellibranchi. *pp. 79-128, 4 figg., 10 tavv.*

Volume XXII

I - CORNAGGIA CASTAGLIONI O. & CALEGARI G., 1978 - Corpus delle pintaderas preistoriche italiane. Problematica, schede, iconografia. *pp. 5-30, 6 figg., 13 tavv.*

II - PINNA G., 1979 - Osteologia dello scheletro di *Kritosaurus notabilis* (Lambe, 1914) del Museo Civico di Storia Naturale di Milano *(Ornithischia Hadrosauridae). pp. 31-56, 3 figg., 9 tavv.*

III - BIANCOTTI A., 1981 - Geomorfologia dell'Alta Langa (Piemonte meridionale). *pp. 57-104, 28 figg., 12 tabb., 1 carta f. t.*

Volume XXIII

I - GIACOBINI G., CALEGARI G. & PINNA G., 1982 - I resti umani fossili della zona di Arena Po (Pavia). Descrizione e problematica di una serie di reperti di probabile età paleolitica. *pp. 5-44, 4 figg., 16 tavv.*

II - POLUZZI A., 1982 - I Radiolari quaternari di un ambiente idrotermale del Mar Tirreno. *pp. 45-72, 3 figg., 1 tab., 13 tavv.*

III - ROSSI F., 1984 - Ammoniti del Kimmeridgiano superiore Berriasiano inferiore del Passo del Furlo (Appennino Umbro-Marchigiano). *pp. 73-138, 9 figg., 2 tabb., 8 tavv.*

Volume XXIV

I - PINNA G., 1984 - Osteologia di *Drepanosaurus unguicaudatus,* lepidosauro triassico del sottordine *Lacertilia. pp. 7-28, 12 figg., 2 tavv.*

II - NOSOTTI S., PINNA G., 1989 - Storia delle ricerche e degli studi sui rettili Placodonti. Parte prima 1830-1902. *pp. 29-86, 24 figg., 12 tavv.*

Volume XXV

I - CALEGARI G., 1989 - Le incisioni rupestri di Taouardei (Gao, Mali). Problematica generale e repertorio iconografico. *pp. 1-14, 9 figg., 24 tavv.*

II - PINNA G. & NOSOTTI S., 1989 - Anatomia, morfologia funzionale e paleoecologia del rettile placodonte *Psephoderma alpinum* Meyer, 1858. *pp. 15-50, 20 figg., 9 tavv.*

III - CALDARA R., 1990 - Revisione Tassonomica delle specie paleartiche del genere *Tychius* Germar (Coleoptera Curculionidae). *pp. 51-218, 575 figg.*

Volume XXVI

I - PINNA G., 1992 - *Cyamodus hildegardis* Peyer, 1931 (Reptilia, Placodontia). *pp. 1-21, 23 figg.*

II - CALEGARI G. a cura di, 1993 - L'arte e l'ambiente del Sahara preistorico: dati e interpretazioni. *pp. 25-556. 647 figg.*

III - ANDRI E. e ROSSI F., 1993 - Genesi ed evoluzione di frangenti, cinture, barriere ed atolli. Dalle stromatoliti alle comunità di scogliera moderne. *pp. 559-610, 49 figg., 1 tav.*

Volume XXVII

I - PINNA G. & GHISELIN M. edited by, 1996 - Biology as History. N. 1. Systematic Biology as an Historical Science. *pp. 1-133, 68 figg.*

II - LEONARDI C. & SASSI D. a cura di, 1997 - Studi geobotanici ed entomofaunistici nel Parco Regionale del Monte Barro. *pp. 135-266.*

Volume XXVIII

I - BANFI E. & GALASSO G., 1998 - La flora spontanea della città di Milano alle soglie del terzo millennio e i suoi cambiamenti a partire dal 1700. *pp. 267-388.*

Elenco delle Memorie della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano

Volume I

I - Cornalia E., 1865 - Descrizione di una nuova specie del genere *Felis: Felis jacobita* (Corn.). *9 pp., 1 tav.*

II - Magni-Griffi F., 1865 - Di una specie d'*Hippolais* nuova per l'Italia. *6 pp., 1 tav.*

III - Gastaldi B., 1865 - Sulla riescavazione dei bacini lacustri per opera degli antichi ghiacciai. *30 pp., 2 figg., 2 tavv.*

IV - Seguenza G., 1865 - Paleontologia malacologica dei terreni terziarii del distretto di Messina. *88 pp., 8 tavv.*

V - Gibelli G., 1865 - Sugli organi riproduttori del genere *Verrucaria*. *16 pp., 1 tav.*

VI - Beggiato F. S., 1865 - Antracoterio di Zovencedo e di Monteviale nel Vicentino. *10 pp., 1 tav.*

VII - Cocchi I.,1865 - Di alcuni resti umani e degli oggetti di umana industria dei tempi preistorici raccolti in Toscana. *32 pp., 4 tavv.*

VIII - Targioni-Tozzetti A. 1866 - Come sia fatto l'organo che fa lume nella lucciola volante dell'Italia centrale *(Luciola italica)* e come le fibre muscolari in questo ed altri Insetti ed Artropodi. *28 pp., 2 tavv.*

IX - Maggi L., 1865 - Intorno al genere Aeolosoma. *18 pp., 2 tavv.*

X - Cornalia E., 1865 - Sopra i caratteri microscopici offerti dalle Cantaridi e da altri Coleotteri facili a confondersi con esse. *40 pp., 4 tavv.*

Volume II

I - Issel A., 1866 - Dei Molluschi raccolti nella provincia di Pisa. *38 pp.*

II - Gentilli A., 1866 - Quelques considérations sur l'origine des bassins lacustres, àpropos des sondages du Lac de Come. *12 pp., 8 tavv.*

III - Molon F., 1867 - Sulla flora terziaria delle Prealpi venete. *140 pp.*

IV - D'Achiardi A., 1866 - Corallarj fossili del terreno nummulitico delle Alpi venete. *54 pp., 5 tavv.*

V - Cocchi I., 1866 - Sulla geologia dell'alta Valle di Magra. *18 pp., 1 tav.*

VI - Seguenza G., 1866 - Sulle importanti relazioni paleontologiche di talune rocce cretacee della Calabria con alcuni terreni di Sicilia e dell'Africa settentrionale. *18 pp., 1 tav.*

VII - Cocchi I., 1866 - L'uomo fossile nell'Italia centrale. *82 pp., 21 figg., 4 tavv.*

VIII - Garovaglio S., 1866 - *Manzonia cantiana, novum Lichenum Angiocarporum genus propositum atque descriptum. 8 pp. 1 tav.*

IX - Seguenza G., 1867 - Paleontologia malacologica dei terreni terziarii del distretto di Messina (Pteropodi ed Eteropodi). *22 pp., 1 tav.*

X - Dürer B., 1867 - Osservazioni meteorologiche fatte alla Villa Carlotta sul lago di Como. ecc. *48 pp. 11 tavv.*

Volume III

I - Emery C., 1873 - Studii anatomici sulla *Vipera Redii. 16 pp., 1 tav.*

II - Garovaglio S., 1867 - *Thelopsis, Belonia, Weitenwebera et Limboria, quatuor Lichenum Angiocarporum genera recognita iconibusque illustrata. 12 pp., 2 tavv.*

III - Targioni-Tozzetti A., 1867 - Studii sulle Cocciniglie. *88 pp., 7 tavv.*

IV - Claparède E. R. e Panceri P., 1867 - Nota sopra un Alciopide parassito della *Cydippe densa* Forsk. *8 pp. 1 tavv.*

V - Garovaglio S., 1871 - *De Pertusariis Europae mediae commentatio. 40 pp., 4 tavv.*

Volume IV

I - D'Achiardi A., 1868 - Corallarj fossili del terreno nummulitico dell'Alpi venete. Parte II. 32 *pp. 8 tavv.*

II - Garovaglio S., 1868 - *Octona Lichenum genera vel adhuc controversa, vel sedis prorsus incertae in systemate, novis descriptionibus iconibusque accuratissimis illustrata. 18 pp., 2 tavv.*

III - Marinoni C., 1868 - Le abitazioni lacustri e gli avanzi di umana industria in Lombardia. *66 pp., 5 figg., 7 tavv.*

IV - (Non pubblicato).

V - Marinoni C., 1871 - Nuovi avanzi preistorici in Lombardia. *28 pp., 3 figg., 2 tavv.*

NUOVA SERIE

Volume V

I - Martorelli G., 1895 - Monografia illustrata degli uccelli di rapina in Italia. *216 pp., 46 figg., 4 tavv.*

Volume VI

I - De Alessandri G., 1897 - La pietra da cantoni di Rosignano e di Vignale. Studi stratigrafici e paleontologici. *104 pp., 2 tavv., 1 carta.*

II - Martorelli G. 1898 - Le forme e le simmetrie delle macchie nel piumaggio. Memoria ornitologica. *112 pp., 63 figg., 1 tavv.*

III - Pavesi P., 1901- L'abbate Spallanzani a Pavia. *68 pp., 14 figg., 1 tav.*

Volume VII

I - De Alessandri G., 1910 - Studi sui pesci triasici della Lombardia. *164 pp., 9 tavv.*

Volume VIII

I - Repossi E., 1915 - La bassa Valle della Mera. Studi petrografici e geologici. Parte I. *pp. 1-46, 5 figg., 3 tavv.*

II - Repossi E., 1916 (1917) - La bassa Valle della Mera. Studi petrografici e geologici. Parte II. *pp. 47-186, 5 figg. 9 tavv.*

III - Airaghi C., 1917 - Sui molari d'elefante delle alluvioni lombarde, con osservazioni sulla filogenia e scomparsa di alcuni Proboscidati. *pp. 187-242, 4 figg., 3 tavv.*

Volume IX

I - Bezzi M. 1918 - Studi sulla ditterofauna nivale delle Alpi italiane. *pp. 1-164, 7 figg. 2 tavv.*

II - Sera G. L., 1920 - Sui rapporti della conformazione della base del cranio colle forme craniensi e colle strutture della faccia nelle razze umane. (Saggio di una nuova dottrina craniologica con particolare riguardo dei principali cranii fossili). *pp. 165-262, 7 figg., 2 tavv.*

III - De Beaux O. e Festa E., 1927 - La ricomparsa del Cinghiale nell'Italia settentrionale-occidentale. *pp. 263-320, 13 figg., 7 tavv.*

Volume X

I - Desio A., 1929 - Studi geologici sulla regione dell'Albenza (Prealpi Bergamasche). *pp. 1-156, 27 figg., 1 tav., 1 carta.*

II - Scortecci G., 1937 - Gli organi di senso della pelle degli Agamidi. *pp. 157-208, 39 figg. 2 tavv.*

III - Scortecci G., 1941- I recettori degli Agamidi. *pp. 209-326, 80 figg.*

Volume XI

I - Guigilia D., 1944 - Gli Sfecidi italiani del Museo di Milano *(Hymen.). pp. 1-44, 4 figg., 5 tavv.*

II-III - Giacomini V. e Pignatti S., 1955 - Flora e Vegetazione dell'Alta Valle del Braulio. Con speciale riferimento ai pascoli di altitudine. *pp. 45-238, 31 figg., 1 carta.*

Volume XII

I - Vialli V., 1956 - Sul rinoceronte e l'elefante dei livelli superiori della serie lacustre di Leffe (Bergamo). *pp. 1-70, 4 figg. 6 tavv.*

I - Venzo S., 1957 - Rilevamento geologico dell'anfiteatro morenico del Garda. Parte I: Tratto occidentale Gardone-Desenzano. *pp. 71-140, 14 figg., 6 tavv., 1 carta.*

III - Vialli V., 1959 - Ammoniti sinemuriane del Monte Albenza (Bergamo). *pp. 141-188, 2 figg., 5 tavv.*

MINERALOGY AND PETROLOGY OF SHALLOW DEPTH PEGMATITES

Papers of the First International Workshop

edited by
Federico Pezzotta
Mineralogy Section of Museo Civico di Storia Naturale of Milan

Volume XXX - Fascicolo I

29 settembre 2000

Memorie della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano

FOREWORD

For the first time in Italy, in September 11 to 13, 1997, an international meeting dedicated to the petrology and mineralogy of pegmatic rocks, with title "Petrology, rare minerals and gemstones of shallow - depth pegmatites", was organized in the Museo Civico di Storia Naturale of Milan. The meeting was dedicated to Ettore Artini (1866-1928), excellent mineralogist and petrologist, former curator of Mineralogy (1893-1912) and Director (1912-1928) of the Museo Civico di Storia Naturale of Milan.

This volume contains papers presented at the Conference. I thank heartily the invited speakers, and the other authors for having prepared the manuscripts. All papers were submitted to the normal refereeing procedures of Memorie. A special thank is to Dr. Paolo Arduini curator of Vertebrate Paleofitology of the Museo Civico di Storia Naturale, for having collaborated to the organization of the Meeting, and in particular for having recovered the necessary financial support.

This Conference "Petrology, rare minerals and gemstones of shallow - depth pegmatites" was organized by the Museo di Storia Naturale of Milan, with the collaboration of Società Italiana di Mineralogia e Petrografia. The Conference was integrated with an exhibition of the minerals of the localities of Baveno and Cuasso al Monte, of the historic collections of the Museum.

The field trip program consisted of two excursions of two days. The first one, on September 9-10, organized by Museo Civico di Storia Naturale of Milan in collaboration with Centro Studi per la Geodinamica Alpina e Quaternaria, of the C.N.R., had title "The contaminated pegmatites of the Sissone Valley". This excursion allowed the visit of a swarm of pegmatitic dikes related with the Masino-Bregaglia Alpine pluton and hosted in carbonatic marbles. The second excursion, on September 14-15, had title "The mineralogy of the pegmatitic miarolitic cavities of the Baveno pink granite, of the Montorfano granitic stock and of the Cuasso al Monte granophyre". During the excursion it was possible to observe in many quarries and natural outcrops the miaroltic cavities and a number of aplitic and pegmatitic veins typical of these post-Hercynian granitoids.

The papers presented in this volume were submitted in September-October 1997, and were accepted in October 1998.

Federico Pezzotta

Memorie della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano
Volume XXX - pp.: 5-12, 2000

Constitution, petrology, affiliations and categories of miarolitic pegmatites

Petr Černý*

Geological Sciences, University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba, Canada R3T 2N2

Abstract - Miarolitic cavities form in late stages of primary solidification of granitic pegmatites, and mainly in those which are geochemically evolved. Miarolitic vugs are encountered in facial pegmatitic pods and crosscutting pegmatite dikes interior to their granitic parents, commonly accumulated upwards, and in dikes emplaced into the metamorphic envelope of parent plutons. Within individual pegmatites, the miarolitic vugs are centrally located, or in the upper parts of the pegmatite bodies. Early (i) lining of the cavities consists of euhedral crystals which terminate concentric aggregates of rock-forming magmatic minerals, coarsening toward the open space and exhibiting prominent textural and mineral zoning. Subsequent (ii) coating of the lining is formed by a variety of rare-element minerals (Li, Cs, Be, Y, REE, Sn, Ti, Nb, Ta, Sb), commonly with significant contents of volatile components (F, B, P, H_2O), deposited from a supercrutical fluid which frequently corroded the lining. The last generation of vug-coating or -filling minerals consists of (iii) low-temperature hydrothermal minerals, in part formed at the expense of earlier phases and from components leached out from broader vicinity of the cavities; micaceous and clay minerals are typical, but low-temperature phases with Li, Be, Y, REE, Ti and P also are found.

Miarolitic cavities form by exsolution of a hydrous supercritical fluid phase from pegmatite melt, whenever it becomes volatile-oversaturated in (usually) late stages of its consolidation. Build-up of the exsolved fluid within the pegmatite is a prerequisite, but commonly hindered by escape of the fluid into the host rocks. Exsolution is triggered by (i) vapor saturation during the progress of more or less isobaric magma crystallization, or by (ii) reduction of pressure in shallow-intruded pegmatites, or by (iii) massive stabilization of minerals containing components which enhance solubility of water (B, P, F, Li). Whereas (i) can generally operate in any pegmatite, independent of any special set of conditions, the pressure quench (ii) is operating mainly in pegmatites of the subaluminous, A-type NYF family, and the chemical quench (iii) is typical of (in part deeper-seated) pegmatites of the peraluminous, S-type LCT family. Collaboration of pressure and chemical quenches is probable in shallow-seated LCT pegmatites. Shattering of the vug-coating crystals is encountered in pegmatite populations in which pressure of the exsolved fluid ruptured the enclosing pegmatite and explosively escaped; however, subsequent implosion could also have participated. Extensive leaching and corrosion of the cavity-lining and -coating minerals indicates prominent variations in the chemistry of the vug fluid.

Recent data on the conditions of formation and solidification of the miarolitic pegmatites, in conjunction with better understanding of other pegmatite categories, indicate a need to reconsider the classification systematics of granitic pegmatites.

Riassunto - Le cavità miarolitiche si formano negli stadi più tardivi della solidificazione delle pegmatiti granitiche, ed in maggior misura in quelle geochimicamente evolute. Cavità miarolitiche sono presenti entro ammassi e filoni pegmatitici formatisi entro il magma parentale, frequentemente concentrati nelle parti più superficiali dei plutoni, ed entro filoni messisi in posto nelle rocce dell'aureola metamorfica attorno alle masse intrusive dalle quali si sono originati. Entro i filoni pegmatitici le cavità miarolitiche sono presenti nelle porzioni centrali, oppure nelle porzioni superiori. Le cavità sono rivestite nelle fasi più precoci della loro formazione (i) da cristalli idiomorfi di minerali costituenti fondamentali della roccia magmatica. Tali cristalli non sono altro che le terminazioni di aggregati concentrici di cristalli caratterizzati da grana più grossa avvicinandosi alle cavità e da evidenti zonature tessiturali e mineralogiche. Nelle fasi più tardive della formazione (ii) i cristalli precedentemente formatisi vengono ricoperti da una varietà di minerali contenenti elementi rari (Li, Cs, Be, Y, REE, Sn, Ti, Nb, Ta, Sb), frequentemente con significativi contenuti di componenti volatili (F, B, P, H_2O), depositatisi da un fluido supercritico in grado frequentemente di corrodere i cristalli di minerali formatisi più precocemente. L'ultima generazione di minerali (iii), i quali ricoprono o riempiono completamente le cavità, si forma da soluzioni idrotermali di bassa temperatura. Tali minerali si formano in parte a spese di fasi precedentemente cristallizzatesi entro le cavità o nelle immediate vicinanze delle stesse. Di questo stadio sono tipici i minerali micacei e le argille, ma si possono anche formare minerali contenenti Li, Be, Y, REE, Ti e P.

Le cavità miaroltiche si formano per essoluzione di una fase fluida acquosa supercritica da un fuso pegmatitico, allorché diventa supersaturo in volatili durante (solitamente) gli stadi più tardivi della solidificazione. Per la formazione di cavità miarolitiche l'essoluzione di fluidi è un prerequisito, anche se comunemente i fludi, al posto di concentrarsi a dare cavità, sfuggono nelle rocce incassanti i filoni. L'essoluzione di fluidi è favorita da (i) saturazione durante la cristallizzazione più o meno isobarica del magma, (ii) dalla riduzione di pressione in pegmatiti intrusesi a bassa pressione, (iii) dalla raggiunta stabilità di minerali contenenti elementi in grado di aumentare la solubilità dell'acqua nel fuso pegmatitico (B, P, F, Li). Sebbene (i) la diminuzione di pressione possa operare in qualunque pegmatite, indipendentemente da qualunque condizione, questa (ii) è responsabile della formazione di cavità soprattutto nelle pegmatiti suballuminose, della famiglia A-type NYF. I fattori chimici (iii) sono responsabili della formazione di cavità in pegmatiti peralluminose (talvolta anche di maggiore profondità), della famiglia S-type LCT. Il contributo combinato di fattori barici e fattori chimici nella formazione di cavità è probabile nelle pegmatiti LCT intrusesi a bassa profondità. Frantumazioni dei cristalli sono osservabili in popolazioni di pegmatiti nella quali la pressione dei fluidi essoluti è stata tale da fratturare le pegmatiti e sfuggire in modo esplosivo; tuttavia, una successiva implosione potrebbe a sua volta provocare ulteriori frantumazioni. Abbondanti dissoluzioni e corrosioni dei minerali che ricoprono le cavità indicano significative variazioni della composizione chimica dei fluidi nelle geodi.

* E-mail: p_cerny@umanitoba.ca

Dati recenti sulle condizioni di formazione e solidificazione delle pegmatiti miarolitiche, insieme ad una migliore comprensione delle altre categorie di pegmatiti, indicano la necessità di riconsiderare la sistematica classificativa delle pegmatiti granitiche.

Key words: granitic pegmatite, fluid exsolution, miarolitic cavity, igneous petrology, classification.

Introduction

(Submitted Octobre 1997, accepted as amended Octobre 1998, published 2000).

Miarolitic pegmatites *sensu lato* are pegmatites which *characteristically* contain open cavities formed during the final stages of *primary* pegmatite consolidation. The italics emphasize three principal features of these pegmatites: (i) their diversity, (ii) a quantitative aspect of the cavity occurrence, and (iii) a genetic aspect of the cavities.

(i) Miarolitic cavities (vugs, pockets) are encountered in all petrogenetic categories of granitic pegmatites, but their abundance is highly variable. Abyssal-class and muscovite-class pegmatites are almost devoid of miarolitic vugs, but they occur with increasing frequency in pegmatites of the rare-element class and particularly in pegmatites of the miarolitic class proper (cf. Černý, 1991a for pegmatite classification, but see comments in the section on "Geologic Classification" below).

(ii) However, an odd pocket here and there in a pegmatite body or a swarm of cogenetic pegmatites does not qualify them for the miarolitic designation. The term should be reserved for pegmatites and pegmatite populations which contain significant numbers of miarolitic vugs (e.g. the Ramona, Pala and Mesa Grande districts of southern California - Foord, 1976, 1977, Shigley *et al.*, 1986, Foord *et al.* 1989 and the Lake George intrusive center, Harris Park, Wigwam Creek and other areas in the Pikes Peak batholith, Colorado - Foord, 1982), relative to their cavity-poor to cavity-free counterparts (e.g., the Winnipeg River district of southeastern Manitoba - Černý *et al.*, 1981, and the South Platte district in the Pikes Peak batholith, Colorado - Simmons and Heinrich, 1980, Simmons *et al.*, 1987).

(iii) Miarolitic cavities originate in late stages of consolidation of the host pegmatites, showing a distinct textural and paragenetic evidence of continuity of primary magmatic crystallization from the surrounding massive pegmatite into the walls of the cavities (e.g., Němec, 1992). This is in sharp contrast to secondary cavities formed by dissolution of massive mineral assemblages, triggered by low-temperature fluids which corroded and leached the primary phases and redeposited (some of) their components in the form of hydrothermal assemblages (e.g., Landes, 1925, Černý, 1972).

Distribution of miarolitic cavities

Miarolitic cavities are encountered mainly in two kinds of granitic pegmatites: in facial pegmatitic pods within their parent granites, and in intrusive pegmatite bodies which are interior up to (dominantly) exterior to their plutonic sources.

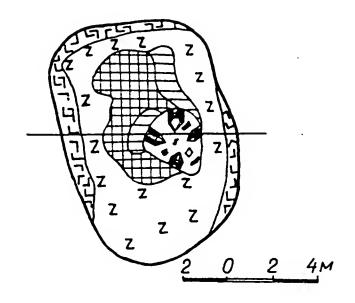
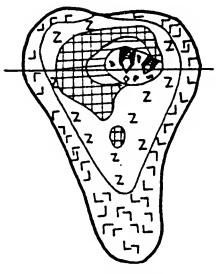



Fig. 1 - Asymmetric miarolitic pegmatite of the Korosten pluton, Ukraine, in plan (top) and vertical section (bottom), with the cavity located in its upper part: L's - graphic granite, z's - coarse graphic to apographic pegmatite, crosshatched - K-feldspar, ruled - quartz (after Lazarenko *et al.*, 1973).

Facial pods of miarolitic pegmatites commonly are concentrated in the cupolas of the host granites. They usually are surrounded by haloes somewhat enriched in mafic phases (predominantly biotite) and they are strongly zoned in terms of mineralogy and texture. Coarse-grained granitic assemblages are followed by a graphic feldspar(s) + quartz zone, coarsening in grain size toward the more-or-less central cavity and transitional into blocky feldspar and quartz in its immediate vicinity (Fig. 1, 2; e.g., Jahns, 1954, Lazarenko *et al.*, 1973).

In dikes and sills of pegmatites which crosscut their granitic parents or their metamorphic envelope, miarolitic vugs are concentrated in late units of primary consolidation of their host pegmatites, such as the blocky core margin (Fig. 3) or lepidolite units. The cavities tend to accumulate in central or upper parts of pegmatite bodies (Fig. 4, 5), although the vertical range of cavity distribution may be quite substantial even in steeply-dipping veins (e.g., Lyckberg and Rosskov, 1997). In quartzo-feldspathic as-

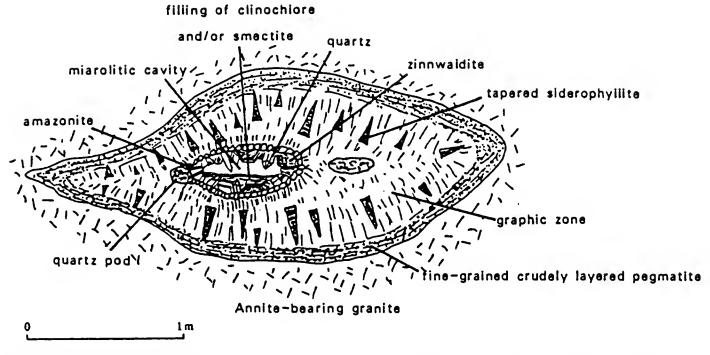



Fig. 2 - Schematic cross-section through a typical concentric miarolitic pegmatite of the subvolcanic portions of the Pikes Peak batholith (from Foord *et al.*, 1995).

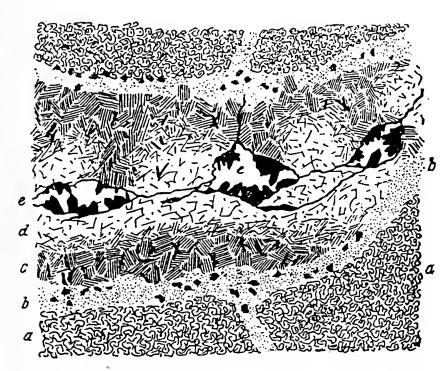



Fig. 3 - Schematic structure of the Mursinka pegmatites, Alabashka region, Ural Mts.: a - granite, b - aplitic zone, c - graphic zone, d - blocky K-feldspar and quartz, e - centrally located miarolitic cavities, in part connected by quartz veinlets (after Fersman, 1960).

Constitution of miarolitic cavities

The mineral paragenesis of the miarolitic cavities proper can be roughly subdivided into three successive assemblages: (i) early minerals constituting the walls of the vugs, (ii) a coating of later minerals deposited on the walls, and (iii) a further low-temperature assemblage covering the preceding phases or filling the remaining space.

(i) The *early minerals lining miarolitic vugs* typically are the rock-forming magmatic phases of the host pegmatite zone, typically K-feldspar, albitic plagioclase, quartz +/- tourmaline, muscovite (but also lepidolite and quartz in late units). The minerals extend their growth from the surrounding massive pegmatite into the open space of cavities, with euhedral terminations. In close vicinity of the vugs, the fabric of the mineral aggregates commonly turns from randomly disoriented to concentric, indicative of a growth pattern oriented toward the open space of the cavity. The grain size strongly tends to increase in the same direction. Graphic intergrowths of feldspar + quartz or schorl + quartz, if present in the massive matrix, rarely extend into the cavity-lining crystals. If they do, they terminate in aggregates of uniformly oriented individuals (Fig. 6; cf. Wahlstrom, 1939, Fersman, 1960). Rare as they are on global scale, such multiple terminations seem to be typical of a given pegmatite population (e.g., Lazarenko *et al.*, 1973).

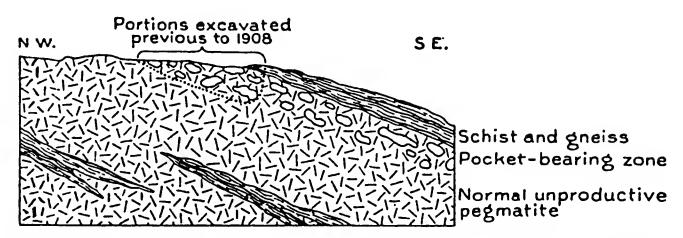



Fig. 4 - Schematic section of the classic deposit of gem tourmaline at Mount Mica, Maine (from Bastin, 1911).

semblages, the cavities are surrounded by coarse-grained and leucocratic assemblages similar to those encountered in the facial pods described above. However, the presence of graphic textures is much less frequent here, and the outer mafic haloes are virtually absent.

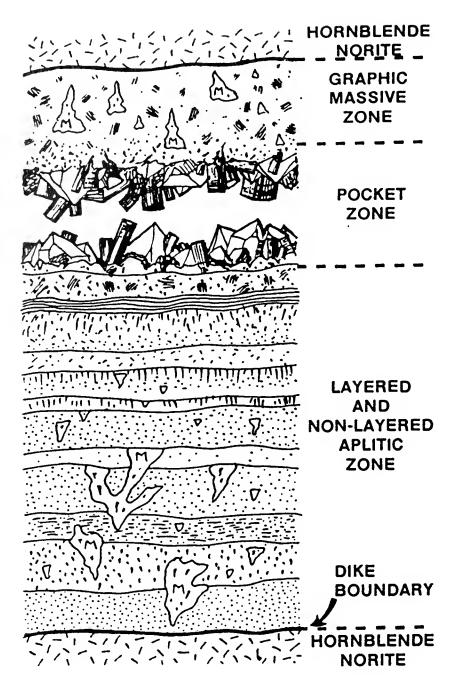



Fig. 5 - Vertical section through a typical asymmetric, layered pegmatite of southern California: the "line rock" at bottom is marked by layers of tourmaline or garnet, and locally also cone-shaped K-feldspar with graphic quartz (M) which is much more abundant in the hanging-wall portion (from Foord, 1976).

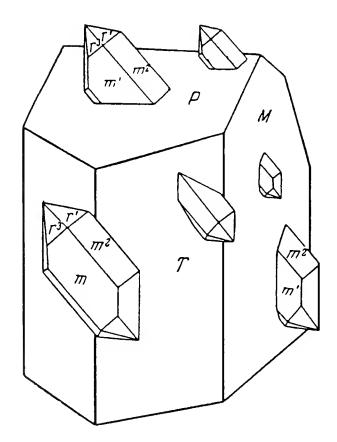



Fig. 6 - Euhedral termination of graphic K-feldspar + quartz intergrowth in the lining of a miarolitic cavity (modified from Fersman, 1960).

(ii) In geochemically evolved pegmatites, the early lining of miarolitic cavities is commonly coated by *minerals of rare and volatile components*, such as beryl, phenakite, spessartine, elbaite, topaz, lepidolite, zinnwaldite, fluorite, danburite, hambergite, fluorapatite, montebrasite, hematite, manganocolumbite, manganotantalite, stibiotantalite, microlite and others, including quartz, albite and adularia (Francis, 1987, Zagorskyi and Peretyazhko, 1992, Wise *et al.*, 1994, Foord *et al.*, 1995, Orlandi and Pezzotta, 1996). In some cases, these minerals form a simple coating on the undisturbed faces of early feldspars and quartz, in others the substrate is distinctly etched or corroded.

(iii) The *last generation* of vug-coating (to vug-filling) minerals usually consists of boromuscovite, cookeite, hydroxyl-herderite, roscherite, carbonate-apatite and other secondary phosphates, micaceous phases, clay minerals, carbonates, goethite and hollandite (e.g., King, 1975, Foord *et al.*, 1986, 1991a). In some pegmatite populations, these phases form at the expense of primary magmatic minerals and coating phases which suffer extensive leaching, particularly in and beneath the bottom parts of the cavities (Fig. 7; Lazarenko *et al.*, 1973, Foord, 1982). Beryl and topaz are found in the leached rocks underlying the cavities at Korosten, Ukraine (Wm.B. Simmons, pers. comm. 1997). Rutile and brookite, zircon, fluorapatite, ilmenite, monazite, cheralite and hematite populate the leached, quartz-depleted vug substrate in pegmatites of the Wausau pluton (Falster, 1981, Martin and Falster, 1986). However, in many cases the substrate and surrounding assemblages show no indication of low-temperature breakdown (Jahns, 1954, Boggs, 1986, 1992).

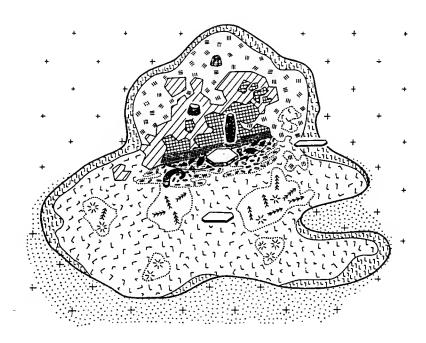



Fig. 7 - Miarolitic pegmatite of the Korosten pluton, Ukraine: crosses - granite, small L's - graphic granite, large L's - coarse graphic to apographic pegmatite, triple dashes - mica-bearing coarse-grained to blocky pegmatite, ruled - blocky K-feldspar, crosshatched - quartz; other symbols - diverse types of mica; dotted area below the pegmatite indicates the extent of leaching (from Lazarenko *et al.*, 1973).

In many miarolitic pegmatites, the distribution of zones surrounding the cavity, the location of the vug, and the minerals lining plus coating the cavity are unevenly distributed in the vertical direction. Despite many exceptions, the pockets tend to be located in the upper parts of the facial pegmatites (Fig. 1), the

distribution of feldspars and quartz may be highly asymmetric (Fig. 7; Lazarenko *et al.* 1973), and the rare-element coating also may be stratified (e.g., Fig. 3 in Stern *et al.*, 1986).

In many pegmatite populations, crystals of feldspars, quartz, tourmaline, beryl or topaz are broken off, or shattered and covering the cavity floor. Etching and corrosion of these fragments is commonly followed by partial regeneration; secondary growth of fibrous tourmaline on the broken surfaces, paralel to the orientation of the fragments is particularly widespread (e.g., Foord, 1976), but many cases also are documented for feldspars, quartz and beryl (e.g., Feklitchev, 1964).

Processes leading to the formation of miarolitic cavities

Miarolitic vugs form in late stages of pegmatite consolidation, in consequence of oversaturation of the residual pegmatite melt by volatile components in general, and by water in particular. Miarolitic cavities do not form if the supercritical aqueous fluid, exsolved in consequence of the oversaturation, can more or less continuously escape from the pegmatite into the host rocks. However, if trapped inside the pegmatite, a segregated "bubble" of the vapor-like fluid becomes the site of a vug.

Three principal mechanisms can promote separation of the aqueous fluid from the pegmatite melt: (i) vapor saturation *via* progress of isobaric magma solidification, (ii) reduction of confining pressure in the ascending pegmatite magma - the classic concept of pressure quench, or (iii) stabilization of minerals which extract melt components facilitating high solubility of water in the magma, namely B, F, P and Li - the chemical quench of London (1987, 1990).

Progressive crystallization of pegmatite-generating magma

Incompatible behavior of volatiles in general, and of water in particular, leads to vapor saturation and exsolution as a consequence of gradual build-up of volatile concentration in progressively crystallizing (and volumetrically shrinking) pegmatite magma. Reaction to undecooling and/or gradually decreasing temperature are the controlling factors, at more or less constant pressure.

This process is omnipresent, as high initial concentration of water (± F, B, Li, P) defines pegmatite melts and enhances their chances of volatile oversaturation. However, this process may also be rather slow, proportional to the rate of pegmatite solidification. Thus the gradually evolving supercritical fluid can, in most cases, gradually escape from pegmatite to the host rocks. That's why miarolitic cavities are absent from most granitic pegmatites, or developed in only negligible numbers and sizes, and why exomorphic haloes in wallrocks are very common, generated by outflow of F,B,CO_2,Li,K-bearing fluids from the consolidating pegmatite bodies.

In contrast to the above, the pressure and chemical quenches are distinctly more productive, as far as formation of miarolitic cavities is concerned.

Reduction of pressure - the pressure quench

This mechanism corresponds in principle to the well-known component of forces driving volcanic extrusions and explosions - exsolution of a gas phase by release of pressure, which reduces the solubility of water in silicate melts. In granite and pegmatite populations, this process affects mainly shallow-level intrusions.

Shallow-seated miarolitic pegmatites are typical of the NYF family of granite + pegmatite systems, locally intruded at subvolcanic levels and consolidated at pressures as low as 1.5 to 1 kbar. Typical examples include the amazonite-bearing pegmatites of the Pikes Peak batholith in Colorado, namely the Crystal Peak area within the Lake George intrusive center and similar occurrences (Foord, 1986); the Sawtooth batholith and related intrusions in Idaho (Boggs, 1986, 1992), the pegmatite-bearing units of the complex Korosten intrusion in Ukraine (Lazarenko *et al.*, 1973), and the Baveno granite in Italy.

The granites are mainly postorogenic to anorogenic, A- (to I-) type, subaluminous to metaluminous, derived by second anatexis of previously depleted crustal lithologies or from juvenile sources with a substantial mantle component (cf. Černý, 1991b for detailed discussion). The pegmatites are dominantly interior facial pods or crosscutting dikes; they rarely intrude outside their plutonic parents. The NYF signature is prominent in the accessory minerals of the plutonic rocks as well as of the pegmatites themselves: minerals of Li, Cs, Ta, B and P are largely absent or very minor, but phases containing Nb, Ti, Zr, REE, Y, U, Th and F are prominent. Typical rare-element minerals of these pegmatites include topaz, gadolinite, allanite, beryl, helvite, bertrandite, bavenite, zircon, thorite, xenotime, monazite, cheralite, columbite, ixiolite, niobian rutile, anatase, brookite, pyrochlore, titanite and fluorite (Foord and Martin, 1979, Falster, 1981, Martin and Falster, 1986). In contrast, zinnwaldite, garnet, tourmaline, and cassiterite are not widespread, although characteristic of some local pegmatite populations (Foord, 1982, Foord *et al.*, 1995, Kile and Foord, 1998). Among the rock-forming minerals, amazonite is common in the vugs, as is smoky quartz; albite is usually subordinate.

Depletion of the B, F, P, Li content of the melt - the chemical quench

Massive precipitation of B,F,P,Li-bearing minerals commonly occurs in late stages of pegmatite solidification: tourmaline, lepidolite, amblygonite, triphylite-lithiophilite, spodumene or petalite extract the above elements which enhance the solubility of water in the melt, and depress its solidus. Considerable quantities of supercritical aqueous fluid are consequently released, and rapid solidification of the residual magma is promoted disregarding the depth of pegmatite emplacement and the corresponding regime of pressure. Classic examples of miarolitic pegmatites of this category include the gem-bearing pegmatites of Maine (Bastin, 1911, King and Foord, 1994), southern California (Jahns and Wright, 1951, Foord, 1976, Jahns, 1979, Shigley *et al.*, 1986), Afghanistan (Rossovskyi, 1981), Pakistan (Laurs *et al.*, 1998) and central Transbaikalia (Zagorskyi and Peretyazhko, 1992).

Granite magmas which differentiate residual melts generating the above pegmatites are overwhelmingly late-orogenic to postorogenic, S- (to rarely I-) type, peraluminous and leucocratic, generated by partial anatexis of undepleted supracrustal lithologies (cf. Černý, 1991b). The pegmatites are only exceptionally found within their parent granites. They typically form exterior bodies, commonly in the outer parts of regionally zoned pegmatite aureoles which surround their plutonic sources. The LCT signature is characteristic of these peraluminous granite + pegmatite systems: minerals of Li, Rb, Cs, B, Sn,Ta, B and P are widespread, whereas those of Ti, Nb, Th, REE, Y are minor to absent. Typical phases encountered in the pegmatites of this category, and particularly in their miarolitic pockets include muscovite, beryl, spodumene, petalite, lepidolite, elbaite, foitite, rossmanite, spessartine, pollucite, topaz, apatite, tantalite, stibiotantalite, microlite, cassiterite and locally also hambergite, danburite and axinite (King, 1975, Francis, 1987, Foord *et al.*, 1991a, Zagorskyi and Peretyazhko, 1992, Francis *et al.*, 1993, King and Foord, 1994, Wise *et al.*, 1994).

Conditions of crystallization in miarolitic cavities

It seems to be beyond reasonable doubt that the *early lining (i)* of the miarolitic vugs - the rock-forming silicates rooted in the surrounding massive pegmatite - crystallized from the last vestiges of pegmatite melt but in the presence of, and in direct contact with, the exsolved supercritical aqueous fluid. Despite the occasionally steep gradients in trace-element concentrations and dramatic textural changes, the bulk mineral compositions and textural patterns plus fluid inclusions indicate a volatile-saturated melt as the parent medium. Depending on the degree of fractionation of the pegmatite melt, the temperature of crystallization of the vug lining may vary from ~550°C for geochemically primitive pegmatites to as low as ~450°C for highly evolved LCT pegmatites (e.g., London *et al.*, 1989, London, 1997).

In contrast, the following generation of *wall-coating rare-element minerals (ii)* represents a total compositional break from the "wall-rock" substrate above. It most probably precipitated from a supercritical aqueous fluid (to high-temperature hydrothermal solution) at ~450 to 200°C (e.g., Černý and Chapman, 1984), which was enriched in components partitioned out of the residual magma. Minerals of Li, (Rb), Cs, Be, Y, REE, Ti, U, Th, Zr, Nb, Ta, B and F are typically represented.

The *last mineral assemblage (iii)*, covering the cavity-lining and cavity-coating minerals, is undoubtedly of low-temperature origin, ca. ~250 to 150°C, having crystallized from hydrothermal solution and/or coexisting gas phase. In some cases, this assemblage is evidently materially linked to decomposition of early minerals, or to leaching of the adjacent massive pegmatite (Fig. 7). Boromuscovite (Foord *et al.* 1991b), cookeite, apatite, tourmaline, zeolites, carbonates are occasionally deposited in the "snow-on-the-roof" manner; smectites are the dominant clay minerals, but may be followed by kaolinite (Foord *et al.*, 1986; Taylor and Foord, 1993).

The breakage and shattering of the wall-coating minerals such as elbaite, beryl and topaz is ascribed to explosive ruptures of the vugs (Foord, 1976, Foord *et al.*, 1991a). The overpressure of the exsolved aqueous fluid may eventually surpass the confining pressure and the mechanical coherence of the surrounding pegmatite and wall-rock. The violent exit of the aqueous fluid would easily destroy the fragile crystals on the cavity walls (Foord, 1976, Jahns, 1979, Stern *et al.*, 1986). Moreover, subsequent implosion is also currently advocated for some cavities in southern Californian pegmatites: it would have similar physically destructive effects, and it would explain the presence of late minerals containing externally derived components such as Mg, Ti from gabbroic host rocks (M.C. Taylor, pers. comm. 1997).

Etching, corrosion and leaching of cavity-lining and wall-coating assemblages, complex changes in chemistry and structural state of feldspar minerals, as well as the regeneration and "healing" of broken fragments of the crystals all indicate changes in composition and reactivity of the cavity fluids (Foord and Martin, 1979, Martin and Falster, 1986, Foord *et al.*, 1995, Kile and Foord 1998). The medium precipitating a given mineral assemblage is frequently out of equilibrium with preceding minerals; its parameters may change in response to pressure fluctuations, interaction with wallrocks and pocket lining (e.g., Foord *et al.*, 1995, Kile and Foord, 1998). Some minerals or mineral assemblages indicate an acidic environment (e.g., albite + muscovite on corroded perthitic K-feldspar in geochemically primitive vugs, and bertrandite, helvite-danalite and kaolinite at the low-temperature stage). Other phases could only crystallize from alkaline fluids (e.g., boromuscovite, hambergite, danburite, bavenite, phenakite + K-feldspar, carbonates, smectites), whereas tourmaline and beryl require more or less neutral conditions. However, the information on the conditions of crystallization is still very fragmented, and studies aimed at deciphering the full history of fluid + solids evolution in different types of cavities are sorely needed.

Geologic classification of miarolitic pegmatites

Historically, miarolitic pegmatites were collectively classified into a single category, disregarding their paragenetic, geochemical and geological diversity. In the relatively recent classification schemes by Rodionov (1964), Rudenko *et al.* (1975), Ginsburg *et al.* (1979) and Ginsburg (1984), miarolitic (or shallow-level) class of granitic pegmatites was established, encompassing all miarolitic pegmatites as low-pressure phenomena with cavities formed by pressure quench.

This concept was initially adopted by Černý (1989), but exception was taken to this all-inclusive approach at a later date (Černý, 1992), once London (1986) documented the relatively high pressures required to crystallize cavity-hosted spodumene and associated phases in the pegmatites of southern California and Afghanistan: the pressures of 2.8 to 2.4 kbar were found well within the range of consolidation in the rare-element class (Fig. 8). These findings coincided in time with the development of the concept of chemical quench (London, 1987, 1990). This interpretation explained the formation of miarolitic pockets in medium-pressure

regimes, in which the pressure quench would not necessarily be effective.

The need to redefine the miarolitic class became obvious at this stage, as the pressure-quenched and chemically quenched miarolitic pegmatites aparently required separation: the NYF-related pressure-quench pegmatites would be the only category constituting the shallow-seated, miarolitic-class pegmatites, whereas the medium-depth, LCT-family pegmatites with vugs generated by chemical quench would become a mere variety of the rare-element class (Fig. 8).

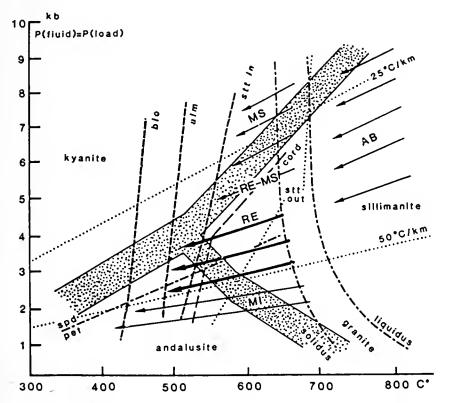



Fig. 8 - P-T fields of environments hosting pegmatite populations of the abyssal (AB), muscovite (MS), transitional rare-element + muscovite (RE-MS), rare-element (RE) and miarolitic (MI) classes; arrows indicate regional fractionation trends relative to the metamorphic grades of the host rocks (cf. Černý, 1991a for further details). The miarolitic class as illustrated here is typical of the shallow-seated, pressure-quenched NYF-family pegmatites, whereas the LCT-family miarolitic pegmatites cover the P-T conditions of both the miarolitic and rare-element classes.

However, the situation is turning out even more complicated these days, as primary magmatic petalite was identified in the southern Californian pegmatites (M.C. Taylor and D. London, pers. comm. 1997). It is quite possible that the cavity-grown spodumene of these pegmatites results from low temperature combined with fluid overpressure in the vugs, the latter having marginally transgressed into the stability field of spodumene, but the pressure regime during the bulk of magmatic crystallization was confined to the petalite field. The estimate of 1.5 kbar (Simmons *et al.*, 1997) for magmatic crystallization is probably unrealistic (Wm.B. Simmons, pers. comm. 1997). However, the mineralogy of the southern Californian pegmatites does not provide pressure indicators other than the Li-aluminosilicates; thus the question of the pressure regime and its variations remains to a high degree open.

In contrast, the general geologic estimate of 1.5 kbar for the crystallization of the very young, ~7 Ma LCT pegmatites of western Elba (Ruggeri and Lattanzi, 1992) may prove to be rather accurate, as is the 1.5 to 2 kbar estimate for the Stak Nala pegmatites in Pakistan (Laurs *et al.*, 1998). If applicable to California, pressure quench could have been combined with chemical quench in all these Li,B,F-rich pegmatites.

The net result, suggested by the odd bits of information currently available, could be that at least some of the LCT miarolitic pegmatites should be retained within the traditional shallow-seated miarolitic class, but not necessarily all of them. The final verdict would have to be based on careful examination of individual cases, as fast and easy earmarks do not seem to be available. Moreover, the distinction between the "shallow-seated, miarolitic-class, LCT-family pegmatites" and the "medium-depth, rare-element-class, LCT-family pegmatites with sporadic miarolitic cavities" has an excellent potential of becoming blurred by a continuous gradation from one "typical category" into the other.

All of the above stresses the need to improve the current classifications of granitic pegmatites, also indicated by depth overlap encountered between the abyssal and muscovite classes (Černý, 1991a, 1992), and by the poorly subdivided NYF family. The primary control of pegmatite classes, the depth of emplacement, seems to require reconsideration.

Acknowledgements

This study is based on long-term research supported by the Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada, Canada Department of Energy, Mines and Resources, Manitoba Department of Energy and Mines, and Tantalum Mining Corporation of Canada, Ltd. Extensive discussions with many colleagues-pegmatologists significantly contributed to the development of ideas formulated in this paper. Particular thanks go to the late E.E. Foord, to D. London, F. Pezzotta and an anonymous reviewer for critical reading of the manuscript and constructive suggestions which led to its improvement.

Reference

Bastin E.S., 1911 - Geology of the pegmatites and associated rocks of Maine including feldspar, quartz, mica and gem deposits. *U. S. Geol. Survey Bulletin*, 445, 152 pp.

Boggs R.C., 1986 - Miarolitic cavity and pegmatite mineralogy of Eocene anorogenic granite plutons in the northwestern USA. *Internat. Mineral. Association, 14th General Meeting Stanford, Abstracts w. Program*, 58.

Boggs R.C., 1992 - A manganese-rich miarolitic pegmatite assemblage from the Sawtooth batholith, south central Idaho, U.S.A. *Abstracts of Papers, Lepidolite 200 Symposium*, Nové Mesto na Morave, Czechoslovakia: 15-16.

Černý P., 1972 - The Tanco pegmatite at Bernic Lake, Manitoba. VIII. Secondary minerals from the spodumene-rich zone. *Canad. Mineralogist*, 11: 714-726.

Černý P., 1989 - Characteristics of pegmatite deposits of tantalum. In: Möller P., Cerny P., Saupé F. eds. Lanthanides, Tantalum and Niobium, *Springer-Verlag*: 271-299.

Černý P., 1991a - Rare-element granitic pegmatites. Part I: Anatomy and internal evolution of pegmatite deposits. *Geoscience Canada*, 18: 49-67.

Černý P., 1991b - Fertile granites in Precambrian rare-element pegmatite fields: is geochemistry controlled by tectonic setting or source lithologies? *Precambrian Research*, 51: 429-468.

Černý P., 1992 - Geochemical and petrogenetic features of mineralization in rare-element granitic pegmatites in the light of current research. *Applied Geochemistry*, 7: 393-416.

Černý P. & Chapman R., 1984 - Paragenesis, chemistry and structural state of adularia from granitic pegmatites. *Bull. Minéralogie*, 107: 363-384.

Černý P., Trueman D.L., Ziehlke D.V., Goad B.E. & Paul B.J., 1981 - The Cat Lake - Winnipeg River and the Wekusko Lake pegmatite fields, Manitoba. *Manitoba Dept. Energy and Mines, Mineral Resources Div., Economic Geology Report*, ER80-1, 234 pp.

FALSTER A.U., 1981 - Minerals of the Wausau pluton. *Mineral. Record*, 12: 93-97.
FEKLITCHEV V.G., 1964 - Beryl, morphology, composition and structure of crystals. *Nauka*, Moscow, 98 pp.
FERSMAN A.E., 1960 - Graphic structure of granitic pegmatites. In: Selected Works VI. *Academy of Sciences of the USSR*, Moscow, 645-659 (in Russian).
FOORD E.E., 1976 - Mineralogy and petrogenesis of layered pegmatite-aplite dikes in the Mesa Grande district, San Diego County, California. *Unpubl. PhD thesis, Stanford University*, 326 pp.
FOORD, E.E., 1977 - The Himalaya dike system, Mesa Grande District, San Diego County, California. *Mineral. Record*, 8: 461-474.
FOORD E.E., 1982 - Amazonite-bearing pegmatites of the Lake George intrusive center. In: Cerny P. *et al.* Granitic Pegmatites of the Black Hills, South Dakota and Front Range, Colorado. *Geol. Assoc. Canada - Mineral. Assoc. Canada Field Trip Guidebook*, 12: 51-56.
FOORD E.E., ČERNÝ P., JACKSON L.L., SHERMAN D.M. & EBY R.K., 1995 - Mineralogical and geochemical evolution of micas from miarolitic pegmatites of the anorogenic Pikes Peak batholith, Colorado. *Mineralogy and Petrology*, 55: 1-26.
FOORD E.E., LONDON D., KAMPF A.R., SHIGLEY J.E. & SNEE L.W., 1991a - Gem-bearing pegmatites of San Diego County, California. *Geol. Soc. America Ann. Meeting San Diego, Field Trip Guide*, 9, 22 pp.
FOORD E.E. & MARTIN R.F., 1979 - Amazonite from the Pikes Peak batholith. *Mineralogical Record*, 10: 373-384.
FOORD E.E., MARTIN R.F., FITZPATRICK J.J., TAGGART J.E., Jr. & CROCK J.G., 1991b - Boromuscovite, a new member of the mica group, from the Little Three Mine pegmatite, Ramona district, San Diego County, California. *Amer. Mineralogist*, 76: 1998-2002.
FOORD E.E., SPAULDING L.B.Jr., MASON R.A. & MARTIN R.F., 1989 - Mineralogy and paragenesis of the Little Three pegmatites, Ramona District, San Diego County, California. *Mineral. Record*, 20: 101-127.
FOORD E.E., STARKEY H.C. & TAGGART J.E. Jr., 1986 - Mineralogy and paragenesis of "pocket" clays and associated minerals in complex granitic pegmatites, San Diego County, California. *Amer. Mineralogist*, 71: 428-439.
FRANCIS C.A., 1987 - Minerals of the Topsham, Maine pegmatite district. *Rocks and Minerals*, 62: 407-415.
FRANCIS C.A., WISE M.A., KAMPF A.R., BROWN C.C. & WHITMORE R.W., 1993 - Granitic pegmatites in northern New England. In: Cheney J.T. & Hepburn J.C., ed's. *Field Trip Guidebook for the northeastern United States; GSA Meeting 1993 Boston*, 1: E1-E24.
GINSBURG A.I., 1984 - The geological conditions of the location and the formation of granitic pegmatites. *Proc. 27th Internat. Geol. Congress*, 15: 245-260.
GINSBURG A.I., Timofeyev I.N. & Feldman L.G., 1979 - Principles of geology of granitic pegmatites. *Nedra*, Moscow, 296 pp. (in Russian).
JAHNS R.H., 1954 - Pegmatites of southern California. *Geology of southern California, Calif. Div. Mines Bull.*, 170 (7): 37-50.
JAHNS R.H., 1979 - Gem-bearing pegmatites in San Diego County, California: the Stewart mine, Pala District, and the Himalaya mine, Mesa Grande District. In: Abbot P.L. & Todd V.R., ed's. Mesozoic crystalline rocks: Peninsular Range batholith and pegmatites, Point Sal ophiolite. *Dept. Geol. Sciences, San Diego State Univ.*, 1-38.
JAHNS R.H. & WRIGHT L.A., 1951 - Gem- and lithium-bearing pegmatites of the Pala district, San Diego county, California. *Calif. Div. Mines Spec. Rept.*, 7-A, 72 pp.
KILE D.E. & FOORD E.E., 1998 - Micas from the Pikes Peak Batholith and its cogenetic granitic pegmatites: optical properties, composition, and correlation with pegmatite evolution. *Canad. Mineralogist*, 36: 463-482.
KING V.T., 1975 - Newry, Maine: a pegmatite phosphate locality. *Mineral. Record*, 6: 189-204.
KING V.T. & FOORD E.E., 1994 - Mineralogy of Maine, Volume 1: Descriptive mineralogy. *Maine Geol. Survey, Dept. Conservation*, 418 pp.
LANDES K.K., 1925 - The paragenesis of the granite pegmatites of central Maine. *Amer. Mineralogist*, 10: 374-411.
LAURS B.M., DILLES J.H., WAIRRACH Y., KAUSAR A.B. & SNEE L.W., 1998 - Geological setting and petrogenesis of symmetrically zoned, miarolitic granitic pegmatites at Stak Nala, Nanga Parbat - Haramosh Massif, northern Pakistan. *Canad. Mineralogist*, 36: 1-47.
LAZARENKO E.K., PAVLISHIN V.I., LATYSH V.T. & SOROKIN YU.G., 1973 - Mineralogy and genesis of the chamber pegmatites of Volynia. *Lvov State Univ. Publ. House Lvov*, 359 pp. (in Russian).
LONDON D., 1986 - Formation of tourmaline-rich gem pockets in miarolitic pegmatites. *Amer. Mineralogist*, 71: 396-405.
LONDON D., 1987 - Internal differentiation of rare-element pegmatites: effects of boron, phosphorus and fluorine. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 51: 403-420.
LONDON D., 1990 - Internal differentiation of rare-element pegmatites; a synthesis of recent research. *Geol. Soc. America Spec. Paper*, 246: 35-50.
LONDON D., 1997 - Volatile abundance and the formation of miarolitic cavities in evolved silicic magmas. Abstracts, 1st Internat. Workshop "Petrology, Rare Minerals and Gemstones of Shallow-Depth Pegmatites". *Museo Civico di Storia Naturale di Milano*, 23.
LONDON D., MORGAN G.B. & HERVIG R.L., 1989 - Vapor-undersaturated experiments Macusani glass + H_2O at 200 MPa, and the internal differentiation of granitic pegmatites. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 102: 1-17.
LYCKBERG P. & ROSSKOV A., 1997 - Prediction of gem pockets in shallow depth pegmatites in the Alabashka area, Mursinka intrusion, Ural Mountains, Russia. Abstracts, 1st Internat. Workshop "Petrology, Rare Minerals and Gemstones of Shallow-Depth Pegmatites". *Museo Civico di Storia Naturale di Milano*, 20.
MARTIN R.F. & FALSTER A.U., 1986 - Proterozoic sanidine in pegmatite, Wausau complex, Wisconsin. *Canad. Mineralogist*, 26: 709-716.
NĚMEC D., 1992 - Pegmatites with druse cavities in the west-Moravian crystalline terrain. *Acta Sci. Nat. Musei Moraviae Occident., Trebíc*, 18: 13-23.
ORLANDI P. & PEZZOTTA F., 1996 - Minerali dell'isola d'Elba. *Edizioni Novecento Grafico*, Bergamo, 245 pp.
RODIONOV G., 1964 - Pegmatite types and some specific features of pegmatite formation. *Internat. Geol. Congress, 22nd sess. India*, Rept. pt. VI: 140-156.
ROSSOVSKYI L.N., 1981 - Rare-element pegmatites with precious stones and conditions of their formation. *Internat. Geol. Review*, 23: 1312-1320.
RUDENKO S.A., ROMANOV V.A., MORAKHOVSKYI V.N., TARASOV E.B., GALKIN G.A. & DOROKHIN V.K., 1975 - Conditions of formation and controls of distribution of muscovite objects of the north-Baikal muscovite province, and some general problems of pegmatite consolidation. In: Gordiyenko V.V. ed.. Muscovite pegmatites of the USSR. *Nauka*, Leningrad: 174-182 (in Russian).
RUGGERI G. & LATTANZI L., 1992 - Fluid inclusion studies on Mte. Capanne pegmatites, Isola d'Elba, Italy. *Eur. Jour. Mineralogy*, 4: 1085-1096.
SHIGLEY J.E., KAMPF A.R., FOORD E.E. & LONDON D., 1986 - Gem pegmatites of southern California. *14th Gen. Meeting, Internat. Mineral. Assoc. Stanford, Field Trip Guidebook*, 39 pp.
SIMMONS WM.B. & HEINRICH E.WM., 1980 - Rare-earthpegmatites of the South Platte district, Colorado. *Colorado Geol. Survey, Resource Ser.*, 11, 131 pp.
SIMMONS WM.B., LEE M.T. & BREWSTER R.H., 1987 - Geochemistry and evolution of the South Platte granite-pegmatite system, Jefferson County, Colorado. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 51: 455-471.
SIMMONS WM.B., WEBBER K.L. & FALSTER A.U., 1997 - Cooling rates and crystallization dynamics of pegmatites from San Diego County, California, USA. Abstracts, 1st Internat. Workshop "Petrology, Rare Minerals and Gemstones of Shallow-Seated Pegmatites" *Museo Civico di Storia Naturale di Milano*, 30.
STERN L.A., BROWN G.E. Jr., BIRD D.K., JAHNS R.H., FOORD E.E., SHIGLEY J.E. & SPAULDING L.B. Jr, 1986 - Mineralogy and geochemical evolution of the Little Three pegmatite-aplite layered intrusive, Ramona, California. *Amer. Mineralogist* 71: 406-427.
WAHLSTROM E.E., 1939 - Graphic granite. *Amer. Mineralogist* 24: 681-698.
WISE M.A., ROSE T.R. & HOLDEN R.E. Jr., 1994 - Mineralogy of the Bennet pegmatite, Oxford County, Maine. *Mineral. Record*, 25: 175-184.
ZAGORSKYI V.E. & PERETYAZHKO I.S., 1992 - Gem pegmatites of central Transbaikalia. *Nauka*, Novosibirsk, 222 pp.

Memorie della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano
Volume XXX - pp.: 13-28, 2000

Pegmatites and Pegmatite Minerals of the Wausau Complex, Marathon County, Wisconsin

Alexander U. Falster*[1], Wm. B. Simmons[1],
Karen L. Webber[1] & Tom Buchholz[2]

[1] *Department of Geology and Geophysics University of New Orleans - New Orleans, Louisiana 70148*
[2] *1140 12th Street North, Wisconsin Rapids, Wisconsin 54494*

Abstract - The Wausau Complex is a Proterozoic (1.52-1.48 Ga) shallow-level, anorogenic intrusive complex, consisting of four distinct intrusive centers: the Stettin, the Wausau, the Rib Mountain, and the Nine Mile plutons. Of the four, the syenitic Stettin pluton is the oldest and most alkalic. The pluton is roughly concentrically zoned with two nepheline syenite rings, one as the outermost unit, the other as a core margin around a pyroxene syenite core. The three other plutons, the Wausau, Rib Mountain, and Nine Mile, are progressively more silica-rich. The Nine Mile pluton consists of alkali granite and monzonite. Miarolitic pegmatites are found in all four intrusive centers. Pegmatites in the Stettin pluton range from nepheline-bearing to pyroxene- and amphibole-bearing types. Minor minerals include magnetite, zircon, apatite, ilmenite, xenotime, cheralite, and titanite. Rare accessories include eudialyte, catapleiite, fluorite, pyrochlore, allanite, thorite, and thorogummite. Pegmatites in the Nine Mile pluton are characterized by feldspars, quartz and minor biotite (siderophyllite). Minor minerals include magnetite, hematite, titanium oxide minerals, and siderite. Rare minerals include phenakite, bertrandite, cheralite, xenotime, zircon, and pyrite. Significantly, columbite-tantalite group minerals are virtually absent. Pegmatites of the Wausau and Rib Mountain plutons have characteristics between those of the Stettin and Nine Mile plutons.

Within the entire Wausau Complex the bulk B content is negligible. However, the bulk Li content is relatively higher than B due to the Li content in amphiboles and micas (Li_2O contents in excess of one percent). Typically, such anorogenic pegmatites have been classified as NYF. However, in the Wausau Complex, the pegmatites are generally poor in Nb and F, but enriched in Fe, Ti, LREE, HREE, and to a lesser extent in Be and Li.

Riassunto - Il Wausau Complex è un complesso intrusivo anorogenico di età proterozoica (1.52-1.48 Ga) di bassa profondità, costituito da quattro distinti centri intrusivi: i plutoni denominati Stettin, Wausau, Rib Mountain e Nine Mile. Dei quattro, il plutone sienitico Stettin è il più antico ed alcalino. Tale plutone è grossomodo concentrico con due anelli sienitici nefelinitici, dei quali uno costituisce l'unità più periferica e l'altro costituisce un anello attorno ad un nucleo di sienite pirossenitica. Gli altri tre plutoni, il Wausau, il Rib Mountain ed il Nine Mile, sono progressivamente più ricchi in silice. Il plutone Nine Mile è costituito da un alkali-granito e da monzonite. Pegmatiti miarolitiche sono state trovate in tutti e quattro le masse intrusive. Le pegmatiti nel plutone Stettin vanno da tipi a nefelina a tipi a pirosseno ed anfibolo. Tra i minerali accessori vi sono magnetite, zircone, apatite, ilmenite, xenotime, cheralite e titanite. Tra gli accessori rari vi sono eudialyte, catapleiite, fluorite, pirocloro, allanite, thorite e thorogummite. Le pegmatiti nel plutone Nine Mile sono caratterizzate da feldspati, quarzo ed in maniera minore biotite (siderofillite). Tra i minerali accessori vi sono magnetite, ematite, minerali del gruppo degli ossidi di titanio e siderite. Accessori rari sono fenacite, bertrandite, cheralite, xenotime, zircone e pirite. E' da notare che minerali del gruppo della columbite-tantalite sono pressoché assenti. Le pegmatiti dei plutoni Wausau e Rib Mountain hanno caratteristiche intermedie tra quelle dei plutoni Stettin e Nine Mile.

Nell'intero Wausau Complex il contenuto totale di B è trascurabile. Tuttavia, il contenuto totale di Li è relativamente alto in confronto a quello del B, a causa del contenuto di Li di anfiboli e miche (contenuti in Li_2O oltre l'uno per cento). Come tipico, queste pegmatiti anorogeniche sono state classificate come NYF. Tuttavia, nel Wausau Complex, le pegmatiti sono generalmente povere in Nb e F, ma arricchite in Fe, Ti, LREE, HREE, ed in modo minore in Be e Li.

Keywords: Wausau Complex, Stettin pluton, Wausau pluton, Rib Mountain pluton, Nine Mile pluton, Wisconsin, pegmatite, NYF.

This work is dedicated to the memories of Ursula Falster, Walter Prey, and Marie Prey for their support and guidance in the past and for being more than mother and grandparents, for being my friends.

* E-mail: afalster@uno.edu

Introduction

The Wausau Complex is a composite alkalic intrusive exposed in Marathon County, Wisconsin (Fig. 1). Zircons from the complex yield a U-Pb age of about 1.48-1.52 Ga (Van Schmus, 1975 a and b). The complex consists of four intrusive centers which are from oldest to youngest: the concentric Stettin pluton; the Wausau pluton; the Rib Mountain pluton; and the Nine Mile pluton (Myers *et al.*, 1984). Pegmatites and pegmatitic segregations occur throughout the Wausau Complex (Falster, 1981, 1986, 1987). The complex is rift-related and bears a distinct alkalic signature. The Stettin pluton is the most alkalic of the four intrusive centers (Myers *et al.*, 1984). The Wausau pluton consists of pyroxene and amphibole syenites (Sood, 1980). Only the northern segment of the Wausau pluton is now exposed, the southern part is obscured by the younger quartz-syenitic Rib Mountain pluton. The Nine Mile pluton intrudes and partially obscures the Rib Mountain pluton and consists primarily of alkali granite and quartz monzonite (Myers *et al.*, 1984). Xenoliths are common in the Wausau Complex and consist dominantly of quartzites, schists, and amphibolites.

Pegmatites of the miarolitic type are abundant in the Wausau Complex, indicating shallow levels of emplacement (Falster, 1981, 1986, 1987). Most pegmatites are of modest size (less than 100 m in maximum dimension) and occur within the complex itself. Only in a few cases do pegmatites intrude the surrounding country rock. Pegmatite mineralogies are distinct within each of the four intrusive centers.

Methods

Instrumental Neutron Activation Analysis

INAA was performed by the Phoenix Memorial Laboratories, University of Michigan, Ann Arbor. Whole rock samples were pulverized in a Spex ball mill using a tungsten carbide container for 30 minutes after a contamination run of the same material for 10 minutes. Mineral separates were crushed to a particle size of less than 1 mm in diameter. All samples were fused into quartz tubes.

AMRAY 1820 digital scanning electron microscope

Samples were cleaned for 10 minutes in an ultrasonic cleaner, rinsed with distilled water and dried overnight in a desiccator. Samples were coated with 250 Angstroms of carbon under a vacuum of 1 x 10^{-5} torr.

An acceleration voltage of 15 to 25 kV was used for energy dispersive spectral analysis. The working distance was generally kept at 18 mm and a 300 micron final aperture was used. Sample tilt was kept at 0 degrees for backscattered electron imaging and at 45 degrees for EDS analyses.

Photomicrography was performed using T-Max 100 ASA 4" x 5" sheet film. Exposure times were kept at 64 seconds. Films and prints were developed according to standard procedures.

X-ray diffraction

A SCINTAG XDS 2000 X-ray diffractometer was used and operated at 35 kV potential and 15 mA current. Samples were prepared according to the powder method and run at a scan range of 2 to 70 ° 2 theta and a scan rate of 0.5 ° per minute.

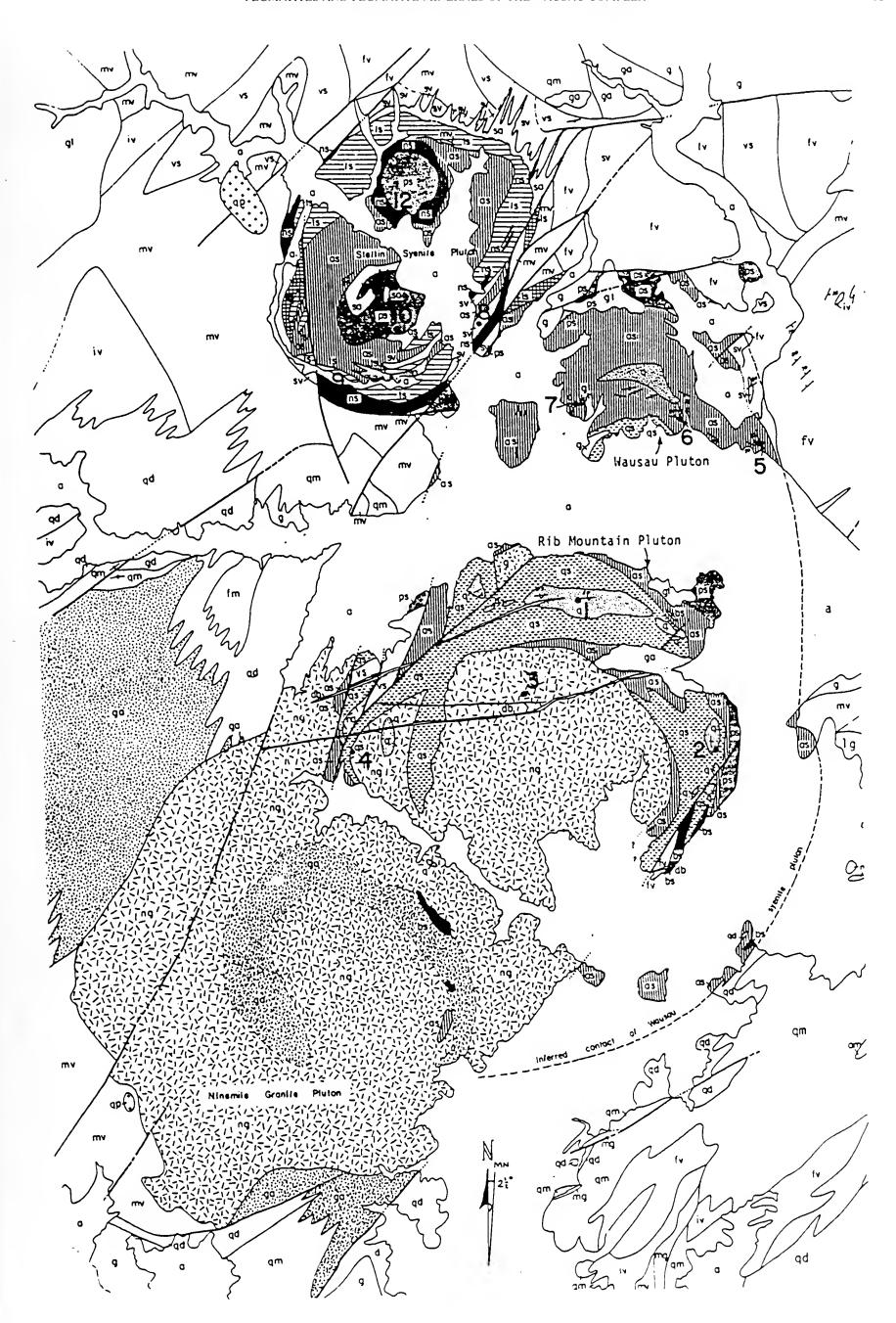
Stettin pluton pegmatites

In the Stettin pluton the following pegmatite types are found:

Nepheline-bearing pegmatites (NP) are restricted to the nepheline syenites. They are found in the outer or inner ring nepheline syenite around the pyroxene syenite core. Pegmatitic nepheline syenite consists of grains up to 30 centimeters in maximum dimension.

Amphibole- and pyroxene-bearing pegmatites (AP) are abundant in the amphibole syenites. They are well zoned and have a complex mineralogy. Structurally, they consist of a wall zone, an intermediate zone, and a core zone. Aplite units are abundant and may constitute up to 35% of the pegmatite. The wall zone typically consists of microcline, large crystals of arfvedsonite, which are mantled by aegirine-augite, and lesser amounts of sodic plagioclase. The intermediate zone consists of microcline and abundant radiating sprays of aegirine-augite. This zone is typically vuggy with individual vugs up to several centimeters in maximum dimension. In some areas, abundant tiny quartz crystals line the vugs. Accessory minerals found in the intermediate zone include bario-cerio-pyrochlore, fluorite, zircon, cheralite, thorite, thorogummite, fergusonite, allanite-(Ce), apatite, columbite-tantalite, goethite (fine crystals) and several unidentified species. In some cases, larger miarolitic cavities have been found in the intermediate zone. These larger cavities typically contain large pseudomorphs of goethite after siderite, microcline with epitaxial sodic plagioclase, minor ilmenite, zircon, bario-cerio-pyrochlore and late quartz crystals as drusy overgrowths. Pink aplite is prominent in the intermediate zone. Aplite appears to have invaded the intermediate zone. Cataclastic texture of crystal fragments of arfvedsonite, microcline, and aegirine-augite attest to moderately violent intrusion of the aplite. The aplite consists dominantly of microcline. An interesting accessory mineral in the aplite is near

Fig. 1 - Generalized map of the Wausau Complex (after Myers *et al.*, 1984), showing the location of the Stettin pluton, the Wausau pluton, the Rib Mountain pluton, and the Nine Mile pluton. E-W distance: 24 km. Symbols used are as follows: a = alluvium, go = glacial outwash, gt = glacial till, db = diabase dike, qp = quartz monzonite porphyry, ga = granite aplite, ng = Nine Mile granite and quartz monzonite, qs = quartz syenite, as = amphibole syenite, ps = pyroxene syenite, sv = syenitized volcanics, sa = syenite aplite, ls = hybrid lensoidal syenite, ns = nepheline syenite, ts = tabular syenite, lg = leucocratic granite, qm = quartz monzonite, qd = quartz diorite and diorite, vs = volcanogenic sedimentary rocks, fv = felsic volcanic rocks, iv = intermediate volcanic rocks, mv = mafic volcanic rocks, q = quartzite, bs = biotite schist, am = amphibolite.

Stettin Syenite Pluton
Wausau Pluton
Rib Mountain Pluton
Ninemile Granite Pluton
Inferred contact of Wausau syenite pluton
N
MN
12
10
7
6
5
3
4
2

end-member bario-pyrochlore. The core zone consists in all cases of a quartz lens. Some pegmatites have a quartz-zircon lens, containing up to 20 % zircon. Minor aegirine-augite may surround the core margin.

Some pegmatites contain pods of quartz and zircon in the intermediate zone near the core margins. These pods are generally finer grained (millimeter range) than the core zone but may contain small gemmy zircons of yellow, red, or brown color.

Feldspathic pegmatites (FP). This type of pegmatite occurs commonly in the pyroxene syenite and is typically simple, consisting largely of feldspars with minor amounts of fluorite and Fe-oxides. The pegmatites are frequently vuggy with the inner zones resembling a sponge. Pyroxene and amphibole are subordinate or absent and quartz does not occur in the pegmatites in the pyroxene syenites. The accessory minerals associated with the pegmatites of the amphibole syenites are generally absent. Some pegmatites in the pyroxene syenite consist dominantly of large grains of anorthoclase up to 40 centimeters in diameter along with minor pyroxene and occasionally amphibole. The anorthoclase exhibits a delicate blue schiller-effect. Material of this type has been mined and sold as "Wisconsin moonstone".

Wausau pluton pegmatites

Initially, the three southern plutons, the Wausau pluton, the Rib Mountain pluton, and the Nine Mile pluton, were lumped together as the Wausau pluton (Falster, 1981). Subsequent field mapping conducted by Gene LaBerge and Paul Myers revealed separate intrusive centers in what was then known as the Wausau pluton. As a result of this work, the nomenclature was revised and the three newly defined intrusive centers were named the Wausau pluton, the Rib Mountain pluton, and the Nine Mile pluton (Myers *et al.*, 1984) (Fig. 1).

The **quartz-cored feldspathic pegmatites** (QWP) in the Wausau pluton resemble those in the Stettin pluton but are generally more silica-rich. They are zoned with a feldspathic wall zone and a quartz core in the simple pegmatites, but may show an intermediate zone with coarse quartz and feldspar. Miarolitic cavities generally occur just below the quartz core. The size of these cavities may reach several decimeters in maximum dimension. Sodic amphibole is commonly seen lining fracture planes across these pegmatites. One unusual pegmatite in the Wausau pluton partially invaded the surrounding metavolcanic country rock. This pegmatite reaches over 10 m in maximum dimension and has a footwall portion comprised of major potassium feldspar, plagioclase, quartz, and micas along with wollastonite, miserite, agrellite, and titanite as accessory minerals (Medaris and Guggenheim, 1983).

Rib mountain pluton pegmatites

Quartz-cored, biotite-bearing pegmatites (QRP) in the Rib Mountain pluton are generally zoned with a quartz core and a wall zone of quartz and feldspars with elongate, lath-shaped biotite. In some, an intermediate zone of graphic quartz and potassium feldspar is seen. Books of biotite are commonly found in the core margin. No pyroxenes or amphiboles are found in the pegmatites of the Rib Mountain pluton.

Nine mile pluton pegmatites

Pegmatites in the Nine Mile pluton are the best studied in the complex owing to the extensive mining of the decomposed syenites and alkali granites of the Wausau Complex for road gravel. Over 950 pegmatites have been studied in the Nine Mile pluton and they have been broken down into four major groups.

Group 1: **Simple pegmatitic pods** (PP) comprise this group (Fig. 2, #1). The size of these bodies reaches at most 3 meters in length. Contacts with the surrounding alkali granite are typically gradational. Pegmatitic pods are generally simple in structure with a wall zone consisting of feldspars, quartz, and biotite, and a core of monomineralic quartz. Miarolitic cavities typically occur directly below the core. The cavities extend for a distance of half the pegmatite width. The mineralogy of these pegmatitic pods consists primarily of quartz and feldspars with minor goethite replacing siderite rhombs. Accessory minerals include hematite, phenakite, bertrandite, fluorite, apatite, cheralite, and Ti-oxides (generally anatase).

Group 2: **Simple, vuggy pegmatites** (VP). The pegmatites in this group are commonly large but zonation is very simple and zone boundaries are gradational (Fig. 2, #2). A typical wall zone and an inner zone comprised of vuggy potassium feldspar and quartz are the dominant zones. Rarely, scattered coarse patches of white quartz resembling a quartz core occur. Small cavities are filled with well-crystallized feldspars and quartz (at times white). The most characteristic accessory mineral in these cavities is hematite, which is generally very abundant. Less common are siderite and pyrite, both of which can be replaced by goethite or hematite. The average size of the vugs ranges from about 0.5 to 1.5 centimeters.

Group 3: The **zoned pegmatites** (ZP) of group 3 are some of the largest pegmatites in the Nine Mile pluton (Fig. 2, #3), exceeding 100 meters or more. Contacts between the pegmatites and the host rock are generally sharp, with a visible thin chill margin in many instances. The wall zone is generally extensive and consists of quartz, feldspars, and elongate biotite. In some group 3 pegmatites, the footwall wall zone is distinctly thicker than the hanging wall wall zone. The intermediate zones typically consist of graphic quartz and feldspar or almost monomineralic potassium feldspar. The core margin contains large book biotites. The core is monomineralic quartz. Aplites occur as cross cutting units or as footwall bodies, which may make up the entire footwall portion of the pegmatite. The footwall portion of the pegmatites is typically more sodic and generally finer grained than the more potassic hanging wall. Miarolitic cavities, which may exceed 4 m in maximum dimension, exist either below the quartz core, within the graphic portions of the intermediate zone or below monomineralic feldspar masses. The common rock-forming minerals quartz and feldspar (potassium feldspars are domi-

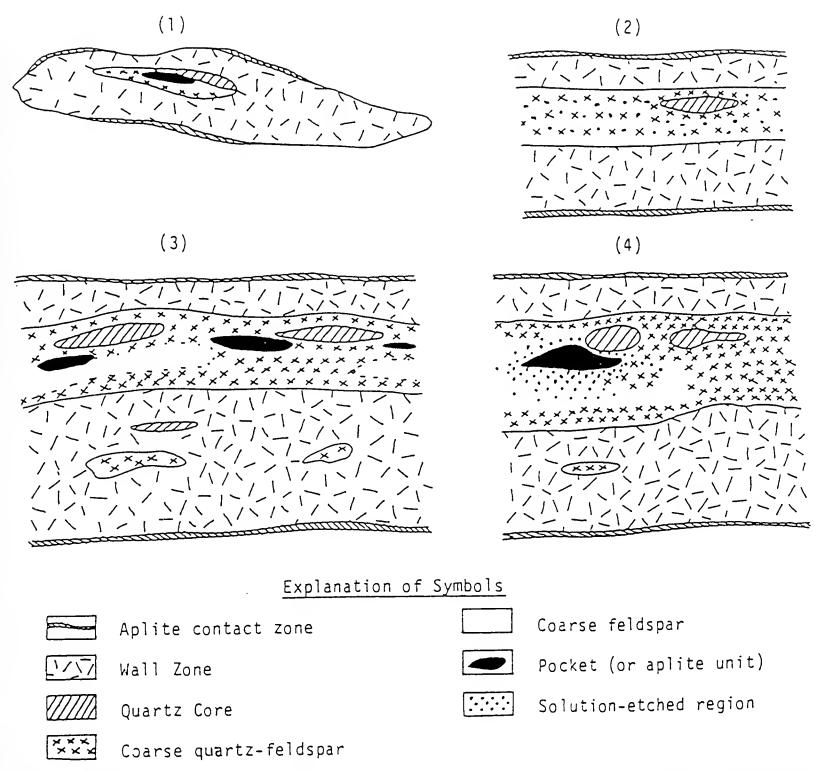



Fig. 2 - Simplified cross sections of pegmatites in the Nine Mile pluton, including group 1 – simple pegmatite pods (PP), group 2 – simple vuggy pegmatites (VP), group 3 – zoned pegmatites (ZP), and group 4 – solution etched pegmatites (SEP).

nant) make up the bulk of the pegmatite. They occur with the following diverse assemblage of accessory cavity minerals: siderite (typically replaced by goethite, lepidocrocite, or hematite), phenakite, bertrandite, hematite, ilmenite, anatase, rutile, brookite, zircon, pyrite (typically replaced by goethite or hematite, at times associated with jarosite), cheralite, apatite, fluorite, and beryl. Near the final stages of pocket formation, violent pocket rupture was evidently a common phenomenon in the pegmatites, as fractured pocket constituents and fine-grained precipitates of structurally disordered potassium feldspar can be found in many miarolitic cavities. It appears that a build-up of internal pressure over confining pressure with associated rupture and rapid decompression was a commonplace event in the shallowly emplaced pegmatites of the Wausau Complex. This lead to the rapid crystallization of primary high sanidine and quartz. In some cases, the attendant cooling prevented any further structural change so that the structural state is highly disordered. The disordered sanidine did not crystallize at high temperature as it loosely covers pre-existing microcline, but instead crystallized rapidly at low temperature. Thus, the persistence of high sanidine in Proterozoic pegmatite pockets is an exceedingly rare event (Martin and Falster, 1986). All pegmatites in the Wausau Complex evidently exsolved a free aqueous fluid phase during the latter stages of pegmatite formation. However, the volume of this aqueous fluid was generally small as evidenced by the small volume of miarolitic cavities in the pegmatites as a whole. Cavities are estimated to contribute less than 0.1 % to the pegmatite volume.

Group 4: **Solution-etched pegmatites** (SEP). Mineralogically and structurally, these pegmatites are similar to group 3 but show extensive solution etching of the quartz/feldspar footwall immediately below miarolitic cavities (Fig. 2, #4). The large miarolitic cavities typically show little evidence of pocket rupture and rapid degassing. Instead, in a zone directly below the pocket floor, the quartz-feldspar footwall is severely etched and quartz is either completely or partially removed. The areas closest to the pockets are generally free of quartz. Quartz becomes more abundant as distance from the pocket floor increases. In the voids left behind after quartz had been removed, an assemblage of minerals not unlike an

Alpine cleft assemblage was left behind. The common association consists of potassium feldspar of simple, adularia habit, albite, siderite replaced by goethite, muscovite, hematite or ilmenite, anatase, brookite, rutile, zircon, xenotime, monazite, cheralite, almandine, pyrite, and rarely bertrandite.

Location of Wausau complex pegmatites

Pegmatites in the Wausau Complex tend to occur in swarms within non-pegmatitic host rocks. The pegmatites dip most steeply near the country rock contacts and are almost horizontal in the interior of the complex. The attitude of the various pegmatites suggests that only minor portions of the cupola of the complex has been eroded. The various types of pegmatites in the Nine Mile pluton, the best studied of the intrusions, tend to form clusters of one dominant type.

Miarolitic cavities in the Nine Mile pluton

Primary (those miarolitic cavities which do not appear to have formed after another mineral phase has been dissolved from massive pegmatite) miarolitic cavities in the group 3 pegmatites (Fig. 2, #3) are typically flat-bottomed with a dome-shaped pocket roof. The footwall is generally more plagioclase-rich and finer grained than the hanging wall, which is more potassic. Pocket rubble, consisting of fragments and cleavage pieces of the common pocket minerals, is sometimes cemented by a secondary overgrowth of quartz. Some miarolitic cavities contain several layers of platelets of feldspars and quartz. This very unusual collapsed house-of-cards texture may be the result of the formation of crystallized platelets forming at the boundary of two immiscible fluids, maybe one aqueous, the other CO_2-rich. The platelets eventually settled to the pocket floor, not unlike rafts of halite forming in saline lakes. Secondary miarolitic cavities are restricted to a halo around the footwall portions of larger primary miarolitic cavities (Fig. 2, #4). Characteristically, they are found in the spaces formed by the dissolution of quartz from quartz-feldspar intergrowths just below the pocket floor. With increasing distance from the pocket floor, quartz remnants become more common. Typical associations in secondary miarolitic cavities include anatase (the most common Ti oxide), brookite, rutile (the rarest Ti oxide in these cavities), secondary quartz, feldspars of simple morphology, ilmenite, hematite, goethite, zircon, cheralite, monazite, xenotime, and other mineral species.

Pegmatite mineralogy

A brief description of all mineral species identified to date in the Wausau Complex is discussed below and summarized in Table 1.

Quartz

Quartz occurs abundantly as smoky quartz in pegmatites of the more siliceous plutons, especially the Nine Mile pluton, and can be more than 80 centimeters in length. The color is typically a deep brown, the surfaces are commonly slightly frosted. However, in a few miarolitic cavities, very lustrous and light colored crystals have been found. The habit of the quartz in the pegmatites of the Wausau Complex has a characteristic barrel shape. An interesting feature of ruptured pockets is that they are partially filled with fractured and re-cemented quartz and feldspar fragments ("pocket hash"). This is likely due to the violent nature of pocket rupture and rapid degassing. In the same pockets, oddly shaped quartz crystals are very common. These represent shards of fractured quartz, which continued to grow in pockets that had resealed.

Plagioclase feldspar

Plagioclase is typically more abundant in the footwall portions of both pegmatites as well as miarolitic cavities, rather than in the more potassic hanging wall. Compositionally, the plagioclase in the pegmatites is albite to oligoclase. Maximum size of plagioclase crystals reaches about 4 centimeters. The color ranges from almost white to pink to reddish with the most intense coloration in the outer zones of the crystals. Some cores are clear and colorless. The characteristic color of plagioclase from the Wausau Complex is an intense pink to red. This color is quite unusual for plagioclase and they in fact are darker than the associated potassium feldspars.

Potassium feldspar

Potassium feldspar, particularly maximum microcline, is exceedingly abundant throughout the complex. In miarolitic cavities, large maximum microcline crystals up to 40 centimeters can be found. They are most commonly pink to reddish in color. A few pockets yielded white potassium feldspar and three pegmatites to date have produced green amazonite, which ranges in color from sky blue to deep green. Twinning is rare in Wausau Complex feldspars. Baveno and Manebach twins are more common than Carlsbad twins. In ruptured pockets metastable, completely disordered potassium feldspar has been found as a pressure quench-coating over earlier pocket minerals (Martin and Falster, 1986). A high percentage of these precipitates are high sanidine, with some orthoclase or intermediate microcline.

Anorthoclase

Anorthoclase is a common constituent in the pyroxene syenites of the Stettin pluton. In pegmatitic portions, crystal grains may reach 40 centimeters in maximum dimension. The color is gray to dark gray but lightens upon weathering. A beautiful blue schiller, a result of exsolution, is characteristic.

Amphibole

Amphibole is abundant in the Stettin pluton and in the other plutons of the Wausau Complex. In the

Table 1: Distribution of minerals in pegmatites of the Wausau Complex. Column headings as follows: SP-NP = nepheline-bearing pegmatite, Stettin pluton; SP-AP = amphibole- and pyroxene-bearing pegmatite, Stettin pluton; SP-FP = feldspathic pegmatite, Stettin pluton; WP-QWP = quartz-bearing pegmatite, Wausau pluton; RMP-QRP = quartz-bearing pegmatite, Rib Mountain pluton; NMP-PP = pegmatitic pod, Nine Mile pluton; NMP-ZP = zoned pegmatite, Nine Mile pluton; NMP-SEP = solution-etched pegmatite, Nine Mile pluton; and NMP-VP = vuggy pegmatite, Nine Mile pluton. Mineral abundance in the pegmatites are described by the following: M = major rock-forming mineral; S = subordinate mineral; A = common accessory mineral; and R = rare accessory mineral.

Pegmatite type >>	SP-NP	SP-AP	SP-FP	WP-QWP	RMP-QRP	NMP-PP	NMP-ZP	NMP-SEP	NMP-VP
Mineral									
Quartz		S		S	M	M	M	M	M
Plagioclase	M	M	M	M	M	M	M	M	M
K-feldspar	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Anorthoclase		R	M						
Amphiboles	S	S	A	R					
Pyroxenes	S	S	A	R					
Biotite	S	S	A	A	S	S	S	S	S
Arsenopyrite		R					R	R	
Galena						R	R	R	
Jamesonite-boulangerite					R	R	R	R	
Pyrite	R	R	R	R	R	R	R	R	A
Sphalerite						R	R	R	
Fluorite			R				R	R	
Anatase						R	R	A	
Brookite						R	R	A	
Columbite		R					R	R	
Goethite	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Hematite	A	A	A	A	A	A	A	A	S
Ilmenite	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Lepidocrocite	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Magnetite	A	R	A	A	R	R			
Mn-oxides	R	R	R			R	R	R	R
Opal		R				R	R	R	
Pyrochlore		A							
Rutile	R			R		R	R	R	
Calcite	R	R		A	R	R	R	R	
Parisite-synch.						R	R	R	
Siderite	R	A	R	A	A	S	A	A	R
Sec. REE carbonate	R	R		R		R	R	R	R
Anhydrite							R	R	
Barite							R	R	
Apatite	R	R	R	R		R	R	R	R
Cheralite	A	A	R	R	R	R	A	A	R
Monazite	R	R		R		R	R	R	R
Xenotime	R	R		R		R	R	R	R
Agrellite				A					
Allanite	A			A					
Almandine							R	R	
Andradite								R	R
Bavenite							R	R	
Bertrandite						R	R	R	
Beryl							R		
Cancrinite	R								
Catapleiite	R								
Eudialyte	R								
Fayalite	R			R		R	R	R	
Fergusonite	R	R					R	R	
Hisingerite		R		R			R	R	R
Miserite				A					
Muscovite						R	R	R	
Natrolite	A								
Nepheline	M-C								
Phenakite						R	R	R	
Thorite	R								
Thorogummite	R								
Titanite	A			A					
Tourmaline						R	R		
Wollastonite				A					
Zinnwaldite		R							
Zircon	R	A		R		R	R	R	R

pegmatites of the Stettin pluton, notably in those occurring in the amphibole syenites, large arfvedsonites up to 25 centimeters in maximum dimension occur. They are characteristically rimmed with aegirine-augite. Riebeckite may also occur as oriented overgrowths or as solitary crystals in small miarolitic cavities. Fracture planes across pegmatites and syenitic rocks in the Wausau pluton commonly are coated with sodic amphiboles (arfvedsonite or riebeckite).

Pyroxene

Both sodic and calcic clinopyroxene occur in the Stettin pluton (Myers *et al.*, 1984). Aegirine and aegirine-augite are abundant in most of the pegmatites of the Stettin pluton and occur in some pegmatites of the Wausau pluton. Calcic pyroxene (diopside-hedenbergite series) is iron-rich with up to 10 % aegirine content (Koellner, 1974).

Biotite

Biotite is very abundant in all pegmatites. Pegmatite wall zones are particularly rich in biotite, which displays a characteristic spear-shaped habit. At the core margin, biotite occurs in large, thin books up to 40 centimeters across. In other pegmatite units, biotite occurs in thicker, but smaller books. Near pocket zones, biotite is typically heavily altered.

Minor and accessory minerals

Sulfides and sulfosalts

Arsenopyrite

Arsenopyrite is very rare, having been found in only a few miarolitic cavities in pegmatites of the Nine Mile pluton. Most crystals, unless they were protected within quartz crystals, have been replaced by Fe oxides or hydroxides. The maximum size of these crystals reaches 2 millimeters.

Jamesonite

Jamesonite and possibly boulangerite have been found as inclusions in smoky quartz from miarolitic cavities only. These sulfosalts form acicular inclusions of gray crystals, which are commonly bent and twisted. They reach a maximum length of 3 centimeters but a maximum thickness of only 0.2 millimeters.

Galena

Galena was identified as inclusions in smoky quartz in several pegmatites in the Nine Mile pluton. The maximum size of the tiny cubes was approximately 80 microns. Galena was associated with pyrite, sphalerite, and jamesonite in the smoky quartz. The presence of galena and other sulfides in trace amounts indicates that the sulfur activity was relatively high in these pegmatites, thus only rarely was any Pb left over to partition into silicates. Pb in feldspar structures, coupled with H_2O, is responsible for amazonite's color (Plyushnin, 1969; Smith, 1974).

Pyrite

Pyrite is only preserved in the pegmatites where it was enclosed in smoky quartz. These crystals measure up to 1 millimeter in maximum dimension. They are commonly cubes or modified cubes, but in some pegmatites beautiful acicular pyrite was found. It typically forms slender extensions from the cube faces and results in a star-like growth. Pyrite also occurs as an early component in massive pegmatite where it forms crystals up to 1 centimeter. These crystals are always replaced by goethite or hematite. One pegmatite contained up to 20 % pyrite.

Sphalerite

Sphalerite has been identified as inclusions in smoky quartz in several pegmatites in the Nine Mile pluton. The maximum size of the tiny tetrahedra was about 80 microns. Sphalerite was associated with pyrite, galena, and jamesonite in the smoky quartz.

Halides

Fluorite

Fluorite is very rare or absent in most pegmatites of the Wausau Complex. However, it is abundant at one site in the Stettin pluton and another area in the southern most Nine Mile pluton. The color ranges from purple to blue, green, and almost colorless.

Oxides

Anatase

Anatase is the dominant Ti-oxide in the Wausau Complex. It is found in primary and, more commonly, in secondary miarolitic cavities. It forms black to blue-black, rarely brown or yellow crystals up to 9 millimeters in maximum dimension (Fig. 3). The average size is about 1 millimeter. The forms of the dipyramid are characteristic. Pinacoids are present in many examples. Second order dipyramids and prism faces are less abundant.

Brookite

Brookite is less common than anatase but still more abundant than rutile in the Wausau Complex. It is most commonly found as thick tabular black or dark brown crystals in secondary miarolitic cavities (Fig. 4). It may reach 6 millimeters in maximum dimension and is typically associated with either anatase or rutile. At times, all three polymorphs occur together, although at least one of the polymorphs will have undergone paramorphic replacement. X-ray diffraction indicates that most brookite has not converted to other TiO_2 phases. Fe is the dominant contami-

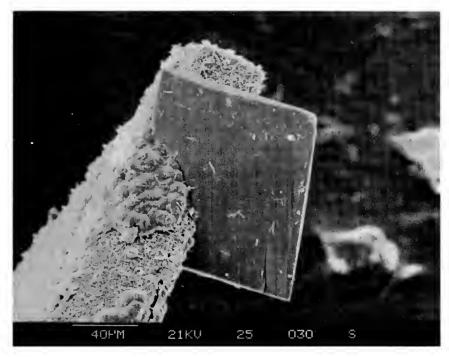



Fig. 3 - Secondary electron image of anatase from the secondary miarolitic cavities in a group 3 pegmatite in the Nine Mile pluton. Photograph by Dr. E. E. Foord.

Fig. 4 - Secondary electron photomicrograph of brookite from the secondary miarolitic cavities in a group 3 pegmatite in the Nine Mile pluton.

nating ion. Microprobe analysis indicates that up to 0.9 weight percent FeO may be present in brookite. Lighter colored brookites are nearly pure TiO_2.

Columbite-tantalite

Members of the columbite-tantalite group are very rare in the Stettin pluton. They are occasionally found as millimeter-sized masses in the zircon-rich quartz cores of pegmatites in the amphibole syenites. In some of the pegmatites of the Nine Mile pluton, ferrocolumbite is very sparingly found as centimeter-sized crystals in the massive hanging wall portion directly above pockets. Inside the pockets, columbite-tantalite is exceedingly rare.

Goethite

Goethite is most commonly found replacing siderite (Fig. 5). It frequently forms fine, platy crystals of brown to golden color. In some cases, these crystals

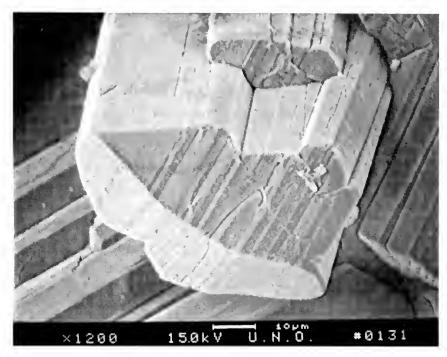



Fig. 5 - Backscattered electron photomicrograph of goethite from the interior of a replaced siderite rhomb in a cavity of a group 3 pegmatite in the Nine Mile pluton.

appear to be composed of polysynthetic twins. Maximum size of goethite crystals approaches 6 millimeters. Overgrowths of goethite on quartz and other pocket minerals is rare but has been found in a few pegmatites.

Hematite

Hematite occurs in 4 modes in the Wausau Complex: 1) Discrete platy crystals up to 1 centimeter in diameter in primary and secondary miarolitic cavities. At times, "rose-like" clusters are found, not unlike the Alpine "Iron-roses"; 2) As a replacement of siderite and biotite. Biotite in the massive pegmatite is frequently replaced by massive hematite; 3) As almost monomineralic "pocket-clay". Bright red, clay-like hematite occurs in many miarolitic cavities. Notably those which show effects of intense corrosion of pocket constituents commonly contain large amounts of this hematite. Hisingerite may accompany it; and 4) As late stains and coatings over crystals and fracture planes.

Ilmenite

Ilmenite is a common accessory mineral in many primary and secondary miarolitic cavities. It forms platy crystals up to 1 centimeter across. In a few pockets, rosettes of millimeter-sized ilmenites were found. Some massive ilmenite occurs in the nepheline syenite pegmatites of the Stettin pluton. X-ray diffraction and microprobe analysis confirms the stoichiometry and crystal structure.

Lepidocrocite

Lepidocrocite occurs only in the cavities of replaced siderite, commonly associated with goethite or hematite. The crystals are very thin, tabular, and have a bright red color. Maximum size approaches 1 millimeter.

Magnetite

Magnetite is common in the nepheline syenites and the nepheline syenite pegmatites of the Stettin pluton but is rare elsewhere in the Wausau Complex. Magnetite occurs most abundantly in grains and crystals up to 1.5 centimeters in diameter in the nepheline syenite ring around the pyroxene syenite core of the Stettin pluton. It also occurs abundantly as detrital grains in creeks. In some non-pegmatitic rocks of the Stettin pluton and the Wausau pluton, segregation masses of magnetite up to several centimeters across have been found.

Mn-oxides

Mn-oxides such as romanechite are common as a late stain on pocket minerals and fracture planes.

Opal

A colorless to white common opal is locally seen coating fracture surfaces. It is of meteoric origin. This opal exhibits a bright green fluorescence under ultraviolet light.

Pyrochlore

Members of the pyrochlore group are restricted to the pegmatites of the Stettin pluton. They form small crystals that rarely exceed 1 millimeter in maximum dimension and are dark brown, black, or waxy yellow in color. Octahedral faces are dominant with subordinate cube faces modifying them in some pegmatites. Bario-pyrochlore is largely restricted to the aplites in pegmatites of the amphibole syenites, whereas bariocerio-pyrochlore typically occurs in the vuggy intermediate zone of the same pegmatites. A pyrochlore with several percent Y_2O_3 is rarely found as tiny (< 0.1 millimeters) crystals in aplitic portions in some pegmatites of the pyroxene and amphibole syenites. Several pyrochlore analyses of pyrochlores are reported in Weidman (1907).

Rutile

Rutile is the least common TiO_2 polymorph in the Wausau Complex. It typically forms millimeter-sized networks of intergrown crystals ("sagenite"). The color ranges from black to straw yellow. It is typically associated with other Ti-oxides.

X-ray diffraction confirmed rutile but in one case, a paramorph of anatase after rutile was encountered. According to microprobe analysis, FeO (up to 0.7 weight percent) is the only common impurity.

Carbonates

Calcite

Calcite has two distinct modes of occurrence: 1) It has been found as inclusions in smoky quartz from pegmatites in the more siliceous rocks of the complex. These crystals reach 5 millimeters in maximum dimension and are simple rhombohedra. Rhombohedral impressions on the surface of many quartz crystals indicate that calcite has been present in the pockets but subsequently dissolved; and 2) In the pyroxene syenite, calcite is commonly seen in some pegmatitic segregations as well as in the pyroxene syenite itself. Carbonate segregations may be an indication of an incipient carbonatite body in the pyroxene syenite. The agpaitic trend in pyroxene syenite further supports the notion that these carbonate segregations could be carbonatitic in origin.

Parisite-synchisite

Parisite-synchisite has been noted in several pegmatites as crystals less than 1 millimeter in maximum dimension. It appears to be more common in the Stettin pluton.

Siderite

Siderite is a very common miarolitic cavity mineral in all plutons of the Wausau Complex. However, unless siderite was completely enclosed in quartz, it was altered to goethite, lepidocrocite, or hematite. In most cases, these pseudomorphs preserved the delicate surface detail of the former siderite crystals. The interiors of these pseudomorphs are commonly lined with well-formed goethite, hematite, or lepidocrocite crystals. Maximum size of these brown or ochre colored pseudomorphs may exceed 15 centimeters on an edge.

Secondary REE-bearing minerals

Crusts of secondary REE-bearing minerals are commonly encountered along fractures and as coatings on pocket minerals. Both LREE and HREE-bearing components have been identified, frequently in close proximity to each other. These species are probably carbonates or fluoro-carbonates.

Sulfates

Anhydrite

Anhydrite has been found with barite as tiny, less than 1 millimeter inclusions in pocket quartz crystals.

Barite

Barite has been observed in a few pocket quartz crystals as inclusions less than 1 millimeter in length. They may have had their origin in the alteration of some feldspars with minor Ba-content.

Phosphates

Apatite

Apatite occurs throughout the complex as an accessory mineral in all rock types and in the peg-

matites. Well-formed euhedral crystals are found in some miarolitic cavities, notably in the pegmatites of the Stettin pluton. Maximum size of crystals may reach 1 centimeter but most crystals remain below 1 millimeter in size. The color is white to colorless. Ultraviolet fluorescence is generally tan to yellowish in color. Crystals characteristically are short to long prismatic with large pinacoids and small dipyramids.

Cheralite

Cheralite is the dominant LREE mineral in the Wausau Complex. It occurs in all 4 plutons but is most abundant in the Stettin pluton and in the Nine Mile pluton (Fig. 6). It is found in primary and secondary miarolitic cavities and in massive pegmatite close to miarolitic cavities. Cheralite forms flattened, disk-shaped crystals, which aggregate to form flower-shaped rosettes or parallel stacks in the Stettin pluton. Here cheralite has a higher Th-content and is commonly overgrown with small fergusonite crystals. In the other Wausau Complex plutons, cheralite forms pseudohexagonal dipyramids. The maximum size reaches 1 centimeter. The color is typically yellowish on the interior of crystals and brick red on the exterior. Basal cleavage is evident.

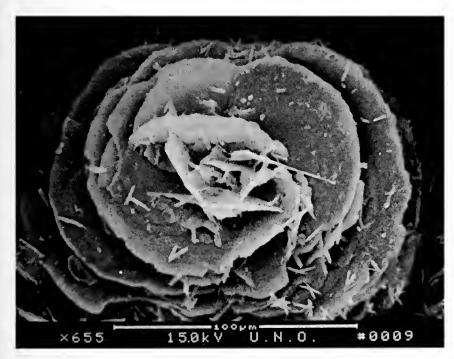



Fig. 6 - Secondary electron photomicrograph of cheralite with fergusonite from a small miarolitic cavity in a pegmatite in the amphibole syenites of the Nine Mile pluton.

Monazite

Monazite is a very abundant accessory mineral in the pegmatites of the Wausau Complex and is most commonly found in secondary miarolitic cavities or in small primary miarolitic cavities. Crystals are commonly platy and brown in color.

Xenotime

Xenotime is found widespread as millimeter-size yellow to pink or reddish crystals in secondary miarolitic cavities. It resembles zircon in morphology and color. Forms exhibited are prisms and dipyramids. In some crystals, pinacoids and second order prisms have been detected.

Silicates

Agrellite

Agrellite was noted by Medaris and Guggenheim (1983), in a Wausau pluton pegmatite where it appears in the keelward portion associated with wollastonite, miserite, titanite, and feldspars. This is a very unusual occurrence and only the second known location for this mineral. Agrellite forms white prisms up to 6 millimeters in length.

Allanite

Allanite occurs in many of the pegmatites in the Stettin and Wausau plutons as an accessory mineral. It typically forms black, platy crystals frozen in matrix up to 3 centimeters in maximum dimension. A few isolated pegmatites in the Nine Mile pluton contain rare allanite crystals frozen in matrix in the coarse feldspar-quartz intergrowth of the hanging wall directly above miarolitic cavities.

Almandine

Almandine occurs rarely as millimeter size brown crystals in some primary and secondary miarolitic cavities in the Nine Mile pluton.

Andradite

Andradite has been found in secondary miarolitic cavities of several pegmatites in the Nine Mile pluton. The grains are clear, sulfur yellow in color, and reach 4 millimeters in diameter. They were identified by X-ray diffraction and energy dispersive spectral analysis.

Bavenite

Bavenite occurs in some pegmatites of the Nine Mile pluton as white, fibrous inclusions in smoky quartz. Maximum size reaches 3 millimeters. Bavenite may also have been a pocket mineral but probably did not survive exposure to weathering and cleaning of the samples. Identification was performed by X-ray diffraction.

Bertrandite

Bertrandite is, next to phenakite, the most abundant Be mineral in the Wausau Complex. It is most common in the pegmatites of the Nine Mile pluton where it occurs as complex and well-formed crystals up to 7 millimeters in maximum dimension, with an average dimension of about 0.5 millimeters. Most of the crystals are spectacular twins and trillings (Fig. 7). Bertrandite occurs near altered phenakite and is strictly a pocket mineral.

Beryl

Beryl is very rare in the Wausau Complex. It has been found in only two miarolitic cavities in peg-

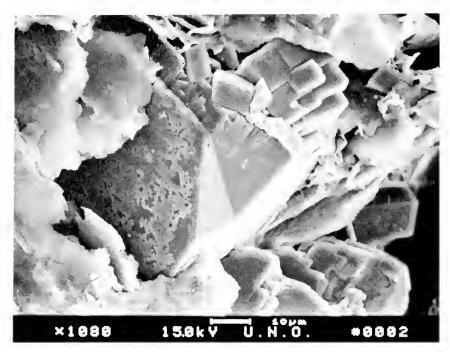



Fig. 7 - Secondary electron photomicrograph of bertrandite from the primary miarolitic cavities in a group 3 pegmatite in the Nine Mile pluton.

matites in the Nine Mile pluton but never in massive pegmatite. Beryl bearing pegmatites are closely associated with partially assimilated metasediments. It is possible that these metasediments supplied the additional Al necessary to reach the stability field of beryl. Without this additional source of Al the generally alkalic nature of the complex would destabilize beryl in favor of phenakite or bertrandite. Interestingly, the two beryl bearing pegmatites also contained phenakite and bertrandite, further indicating that conditions were barely within the stability field of beryl. Beryl crystals were clear and colorless or sky-blue aquamarines, with a maximum size of two centimeters. Crystal forms noted include prisms, pinacoids, and dipyramids.

Cancrinite

Cancrinite occurs in the pegmatitic and non-pegmatitic portions of nepheline syenite as orange patches up to 2 centimeters in diameter.

Catapleiite

Catapleiite occurs very sparingly in pegmatites of the Stettin pluton. Thin colorless crystals of pseudohexagonal catapleiite up to 0.5 millimeters are found very rarely in small miarolitic cavities.

Eudialyte

Eudialyte has been detected in very small amounts in massive nepheline syenite pegmatite of the outer portions of the Stettin pluton as deep red to brown color rounded grains up to 4 millimeters across.

Fayalite

Fayalite occurs in the alkali granite and monzonite of the Nine Mile pluton as an accessory mineral. It also occurs sporadically as slightly altered masses up to 12 centimeters across in the interior of some pegmatites of the Nine Mile pluton.

Fergusonite

Fergusonite occurs only in the pegmatites of the Stettin pluton. In particular, pegmatites in the amphibole syenites yield abundant tiny fergusonites. The maximum size of the reddish brown crystals does not exceed 100 microns.

Hisingerite

Hisingerite has been identified as a phase in the pocket fills of hematite-rich pockets. The mineral forms crude micaceous plates and clayey deposits. Identification was done by X-ray diffraction.

Miserite

Miserite is found only in the agrellite-bearing pegmatite in the Wausau pluton where it forms off-white to tan prisms up to 1 centimeter in length.

Muscovite

Muscovite is a rare component in the pegmatites. It typically occurs as sericite in miarolitic cavities and as a rock-forming component in some pegmatites of the amphibole syenites in the Stettin pluton. The color is grayish to pale yellow, notably in the zinnwaldite ("irvingite")-bearing pegmatite in the Stettin pluton.

Natrolite

Natrolite is one of the alteration products of nepheline in the pegmatitic and non-pegmatitic portions of the Stettin pluton. It has not been noted elsewhere in the complex.

Nepheline

Nepheline occurs only in the outer rim of the Stettin pluton and in the nepheline syenites which rim the pyroxene syenite core of the Stettin pluton. In the pegmatitic portions of these rock types, nepheline crystals up to 30 centimeters in length have been found. Crystals are characteristically crude and sometimes corroded or altered, and generally gray to off-white in color.

Phenakite

Phenakite is the dominant Be-mineral in miarolitic cavities in pegmatites of the Nine Mile pluton (Falster, 1977). It typically forms interpenetration twins up to 3 centimeters in length and is colorless, or yellow to white in color. Single crystals are commonly simple rhombs up to 1 centimeter in maximum dimension. Partial or complete replacement of phenakite by bertrandite is common (Fig. 8).

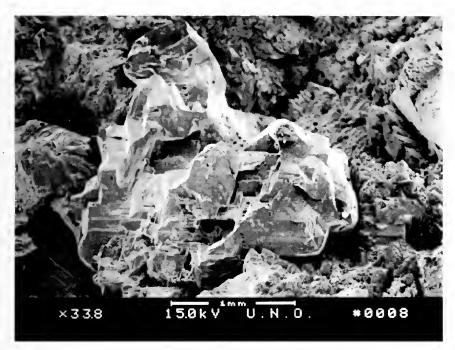



Fig. 8 - Secondary electron photomicrograph of phenakite from the primary miarolitic cavities in a group 3 pegmatite in the Nine Mile pluton.

Thorite

Thorite occurs in pegmatites of the amphibole syenites in the Stettin pluton. It is found in the intermediate and core margins of these pegmatites, commonly associated with allanite and often altered to thorogummite. As a result of the high levels of radioactivity detected in some of the pegmatites in the Stettin pluton in the late 1950s, mining of these Th-minerals was attempted but was abandoned when it was found that the desired U was present in small amounts. Thorite reaches several centimeters across and may occur in large clusters. It is originally black in color but turns brown when it alters to thorogummite.

Thorogummite

Thorogummite is a common alteration product of thorite. It may form masses up to 10 centimeters in diameter, which may represent clusters of original thorite crystals. Thorogummite is typically chocolate brown and resinous in appearance.

Titanite

Titanite occurs abundantly in the Stettin pluton, notably in nepheline syenite pegmatites where it may reach a size of up to 2 centimeters across. Crystals are typically shiny and black and may comprise 10 percent of some pegmatites. Titanite also occurs in some pegmatites of the Wausau pluton, although not as abundantly as in the Stettin pluton.

Tourmaline

Two grams of tourmaline in the form of thin, long-prismatic crystals of dark green color have been found in one large miarolitic cavity in the Nine Mile pluton. The mineral was identified as elbaite by X-ray diffraction.

Wollastonite

Wollastonite was noted only in the agrellite-bearing pegmatite where it forms white prisms up to 8 millimeters in length.

Zinnwaldite, variety "Irvingite"

A variety of zinnwaldite called "irvingite" (Weidman, 1907), occurs only in a restricted area of the Stettin pluton where it forms bright yellow mica crystals up to 2 centimeters in diameter in a poorly exposed pegmatite. This mineral represents the only Li mineral in the Wausau Complex.

Zircon

Zircon is most abundant in the Stettin pluton where it formed early in the crystallization history of the tabular syenite and is associated with purple fluorite. Crystals are brown dipyramids, rarely with thin prism faces, and reach 2 cm in maximum dimension. Quartz-zircon cores occur in some larger pegmatites in the Stettin pluton. These crystals can be yellow or reddish to lilac in color and are commonly clear with a maximum size that reaches 1 cm. In the pegmatites of the other plutons, zircon is a typical pocket mineral. It occurs as gemmy, millimeter-size crystals, very similar to the xenotime described above and is particularly abundant in secondary miarolitic cavities. Some deep brown zircon is found in massive pegmatite and may reach up to several millimeters in maximum dimension. These crystals are elongated and typically consist of prisms and dipyramids.

Preliminary geochemical data

Whole rock geochemical data are available from Sood *et al.*, (1980) and from the authors' neutron activation results for pegmatite wall zones from several pegmatites in the Stettin pluton and pegmatite groups 2, 3, and 4 in the Nine Mile pluton (Tables 2-3, Figs. 9-11). Chondrite normalized plots of REE (rare earth elements) for pegmatite wall zones (and a few other zones) in the Stettin pluton and the Nine Mile pluton reveal interesting trends, particularly when compared to the average REE-content in the

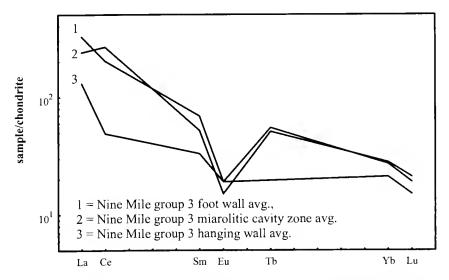



Fig. 9 - Chondrite normalized plot of average REE distribution in the foot wall wall zone, miarolitic cavity zone, and hanging wall wall zone average of a group 3 pegmatite in the Nine Mile pluton.

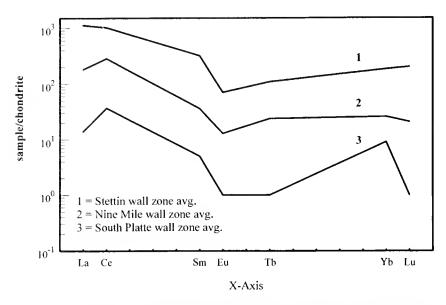



Fig. 10 - Chondrite normalized plot of average REE distribution in the average wall zones of the Wausau complex and South Platte district pegmatites.

Fig. 11 - Chondrite normalized plot of average REE distribution in the wall zones of Stettin and Nine Mile pluton pegmatites compared to the wall zone composition of South Platte pegmatites.

wall zones of pegmatites from South Platte, Colorado (Simmons *et al.*, 1987). The wall zones of the Stettin pluton pegmatites, particularly in the amphibole- and pyroxene-bearing pegmatites, have the highest REE contents. It is obvious from Figures 9 through 11, that the REE in the Wausau complex are only slightly LREE-enriched.

The wall zones of pegmatites in the Nine Mile pluton, have a noticeably lower concentration of REE than those in the Stettin pluton (Fig. 10).

The distribution of modest sized REE-bearing minerals in the Wausau Complex pegmatites is generally diffuse, compared to similar REE-bearing minerals which occur in large masses in replacement units in the pegmatites of the South Platte district (Simmons *et al.*, 1987). Possibly, the higher F activity in the South Platte pegmatites enhanced the migration and enrichment of REE-bearing phases in late stage pegmatite units. The Wausau Complex is generally low in F and thus REE appear to remain more evenly distributed in the pegmatites. A fractionation is noticeable into the foot wall and the intermediate zones of the pegmatites in the Wausau Complex (Fig. 9).

Table 2: Neutron activation data for Wausau Complex pegmatites (all data in ppm). Chondrite normalizing values from Taylor and McLennan (1985). n.d. = not detected. Sample numbers refer to the following pegmatites:
WC-1: Wall zone of an unzoned zircon-bearing feldspar pegmatite from the tabular syenite in the outer rim of the Stettin pluton.
WC-2: Wall zone of an arfvedsonite-aegerine-augite-bearing pegmatite from the amphibole syenite of the Stettin pluton.
WC-3: Wall zone of an unzoned nepheline syenite pegmatite from the outer rim of the Stettin pluton.
WC-4: Wall zone (hanging wall) of pegmatite 917A (group 3 pegmatite) in the Nine Mile pluton.
WC-5: Zone of secondary miarolitic cavities in pegmatite 917A (group 3 pegmatite) in the Nine Mile pluton.
WC-6: Wall zone (footwall) of pegmatite 917A (group 3 pegmatite) in the Nine Mile pluton.
WC-7: Wall zone (hanging wall) of pegmatite 808A (group 4 pegmatite) in the Nine Mile pluton.

	WC-1	WC-2	WC-3	WC-4	WC-5	WC-6	WC-7
Mn	n.d.	346.83	665.78	n.d.	n.d.	n.d.	87.08
U	173.07	341.39	4.93	3.97	5.66	3.38	2.83
Ba	2507.30	4599.90	n.d.	785.45	n.d.	n.d.	717.57
Cs	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	3.33	1.65	2.06
Hf	1005.10	161.59	54.03	7.04	13.11	11.84	1.26
Rb	95.31	449.32	215.65	157.34	128.84	162.40	261.56
Sc	0.76	14.26	2.07	2.27	3.17	3.26	0.41
Ta	51.34	661.38	11.72	2.16	6.72	4.86	2.42
Th	112.67	491.38	5.35	12.33	9.97	17.31	2.99
Zn	n.d.	n.d.	98.88	n.d.	34.54	69.70	32.02
Chondrite							
Normalized							
La	167.35	3146.67	47.50	131.26	240.08	326.00	49.58
Ce	215.43	2834.77	16.90	49.15	266.69	202.51	21.02
Sm	133.17	805.58	18.35	33.06	51.59	68.51	11.23
Eu	30.01	171.30	9.57	18.52	14.96	18.70	11.06
Tb	112.33	189.03	25.42		51.14	54.53	
Yb	320.87	197.21	30.60	20.62	27.94	26.52	6.80
Lu	307.06	271.00	25.13	14.91	20.76	18.76	6.56

Table 3: Neutron activation data for Wausau Complex pegmatites (all data in ppm)
Chondrite normalizing values from Taylor and McLennan (1985). n.d. = not detected Sample numbers refer to the following pegmatites:
WC-8: Hanging wall aplite of pegmatite 808A (group 4 pegmatite) in the Nine Mile pluton.
WC-9: Wall zone (footwall) of pegmatite 808A (group 4 pegmatite) in the Nine Mile pluton.
WC-10: Zone of secondary miarolitic cavities of pegmatite 22C (group 3 pegmatite) in the Nine Mile pluton.
WC-11: Wall zone (hanging wall) of pegmatite 190H (group 3 pegmatite) in the Nine Mile pluton.
WC-12: Intermediate zone of pegmatite 190H (group 3 pegmatite) in the Nine Mile pluton.
WC-13: Intermediate zone of pegmatite 900A (group 2 pegmatite) in the Nine Mile pluton.
WC-14: Miarolitic cavity floor of pegmatite 900A (group 2 pegmatite) in the Nine Mile pluton.

	WC-8	WC-9	WC-10	WC-11	WC-12	WC-13	WC-14
Mn	n.d.	n.d.	298.10	n.d.	234.40	n.d.	n.d.
U	7.02	6.42	11.61	8.15	10.38	4.09	6.75
Ba	n.d.	n.d.	1325.20	n.d.	1499.60	792.00	n.d.
Cs	3.85	3.59	n.d.	2.84	6.58	n.d.	1.72
Hf	4.65	4.76	20.75	6.03	13.26	1.55	4.53
Rb	411.96	370.38	420.20	360.20	614.44	233.86	369.68
Sc	0.52	0.36	2.04	1.68	2.92	0.43	1.06
Ta	8.26	10.73	18.14	32.31	37.57	1.78	11.55
Th	34.37	11.26	21.96	9.46	105.19	3.55	12.21
Zn	40.54	n.d.	43.26	n.d.	75.06	31.51	31.94
Chondrite							
Normalized							
La	6.31	43.02	33.95	67.14	993.58	22.36	101.63
Ce	13.03	37.14	58.67	43.35	2371.25	36.41	44.78
Sm	5.73	31.32	14.56	18.34	123.75	8.01	29.04
Eu	6.10	13.96	6.11	9.03	20.87	14.42	7.46
Tb		42.65	37.44		73.90		
Yb	5.21	32.19	46.60	29.48	50.56	6.17	28.76
Lu	4.52	25.91	41.45	31.04	36.27	4.25	23.25

Conclusions

The Wausau Complex is a rift-related alkalic complex and as such bears a distinct geochemical signature. Černý (1991) divides pegmatites into two types, a LCT type (Li, Cs, and Ta enriched) of orogenic pegmatites and an NYF type (Nb, Y, and F enriched) of anorogenic affinity. The LCT type pegmatites are further subdivided into classes based on chemistry and mineralogy. However, this has not yet been done for the NYF type anorogenic pegmatites. A classical example of NYF pegmatites, the South Platte pegmatite district in Colorado, is presented in Simmons *et al.* (1987). Tectonically, the Wausau Complex pegmatites are clearly anorogenic but they do show some deviations from the general NYF type of pegmatites. Some F-, Nb-, Zr, and Th-enrichments are evident in parts of the Stettin pluton but these enrichment trends are lacking in the Nine Mile pluton. Therefore, the Wausau Complex might be more properly included in a separate class of pegmatite types, as it does not neatly fit into either the LCT type or NYF type pegmatites as described by Černý (1991). Since the enriched elements common to all four intrusive centers are Fe, Ti, and REE, an anorogenic pegmatite type "FeTiREE", indicating Fe, Ti, and REE-enrichment could be introduced here. With the exception of some minor Li and B mineralization, the Wausau Complex is depleted in B, which is similar to the South Platte district (Simmons et Al., 1987). Be is evident in the Nine Mile pluton but appears to be lacking in the Stettin pluton. Be is not common in the South Platte district but is present in a few pegmatites as beryl or gadolinite (Simmons *et al.*, 1987). The data presented here suggest that the highest REE contents occur in the wall zones of pegmatites in the Stettin pluton.

A comprehensive study of the mineralogy and geochemistry of the Wausau Complex and its pegmatites is in progress and will address some of the problems discussed above.

Acknowledgments

We are indebted to the following property owners in the Wausau area who graciously permitted sampling on their land: Robert Dehnel, Rainerd Zunker, Carl Wimmer, Robert Thurber, Thomas O'Brian, Paul Knopp, and Harold Beilke

Valuable input was received from the following mineral collectors of the Wausau area: Dr. Earl Johnson, David Bierbrauer, Dean Rein, Sr., Walter Tamminen, David Feck.

Field assistance was provided by Walter F. Prey and Ursula H. Falster.

Dr. Eugene E. Foord (USGS, Denver, Colorado), Thomas Campbell (Rapid City, South Dakota), and Kenneth Keester (Santa Barbara, California) assisted in the early stages of mineral identification and microphotography. Instrumental neutron activation analyses were carried out by the Phoenix Memorial Laboratory of the University of Michigan, Ann Arbor, through a grant to Wm. B. Simmons.

References

ČERNÝ P., 1991 - Fertile Granites of Precambrian Rare-element Fields: Is Geochemistry Controlled by Tectonic Setting or Source Lithologies? *Precambrian Research*, 51: 429-468.

FALSTER A. U., 1977 - Phenakite from Marathon County, Wisconsin. *The Mineralogical Record*, 8: 389-390.

FALSTER A. U., 1981 - Minerals of the Wausau pluton. *The Mineralogical Record*. 12: 93-97.

FALSTER A. U., 1986 - Minerals of the Stettin pluton, Marathon County, Wisconsin. *Rocks and Minerals*, 61: 74-78.

FALSTER A. U., 1987 - Minerals of the Pegmatitic Bodies in the Wausau pluton, Marathon County, Wisconsin. *Rocks and Minerals*, 62: 188-193.

KOELLNER S. E., 1974 - The Stettin Syenite Complex, Marathon County, Wisconsin: Petrography and Mineral Chemistry of Olivine, Pyroxene, Amphibole, Biotite, and Nepheline. *Unpublished M. S. Thesis, University of Wisconsin,* Madison.

MARTIN R. F. & FALSTER A. U., 1986 - Proterozoic Sanidine and Microcline in Pegmatite, Wausau Complex, Wisconsin. *The Canadian Mineralogist*, 24: 709-716.

MEDARIS L. G. & GUGGENHEIM S., 1983 - An Occurrence of Agrellite and Miserite in the Wausau Complex, Marathon County, Wisconsin. In: 1983 Symposium on Alkaline Complexes, Wausau, Wisconsin. Abstract Volume.

MYERS P. E, SOOD M. K., BERLIN L. A. & FALSTER A. U., 1984 - The Wausau Syenite Complex, Central Wisconsin. 30th Annual Institute on Lake Superior Geology. *Fieldtrip Guidebook* 3, 69 p.

PLYUSHNIN G. S., 1969 - On the coloration of amazonite. *Zap. Vses. Mineral. Obshchest.*, 98: 3-17 (in Russian).

SIMMONS Wm. B., LEE M. T. & BREWSTER R. H. 1987 - Geochemistry and Evolution of the South Platte Granite-pegmatite System, Jefferson County, Colorado. *Geochimica et Cosmochimica*, 51: 455-471.

SMITH J. V., 1974 - Feldspar minerals, Volume 1: Crystal structure and physical properties. Ch. 12. *Miscellaneous physical properties*: 556-600.

SOOD M. K., MYERS P. E. & BERLIN L. A., 1980 - The Petrology, Geochemistry, and Contact Relations of the Stettin and Wausau Syenite Plutons, Central Wisconsin. 26th Annual Institute on Lake Superior Geology. *Fieldtrip guidebook,* 3, 59 p.

TAYLOR S. R. & MCLENNAN S. M. 1985 - The Continental Crust: Its Composition and Evolution. *Blackwell Scientific Publications*, Oxford, 312 p.

VAN SCHMUS W. R., Medaris L. G. & Banks P. O., 1975a - Chronology of Precambrian Rocks in Wisconsin, I: The Wolf River Batholith, a Rapakivi Massif Approximately 1500 m. y. old. *Geological Society of America Bulletin*, 86: 907-914.

VAN SCHMUS W. R., THURMAN E. M. & PETERMAN Z. E., 1975b - Geology and Chronology of Precambrian Rocks in Wisconsin, II: Rb-Sr Data for the Older Rocks in Eastern and Central Wisconsin. *Geological Society of America Bulletin*, 86: 1255-1265.

WEIDMAN S., 1907 - The Geology of North Central Wisconsin. *Wisconsin Geological and Natural History Survey*, XVI, 697 p.

Memorie della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano
Volume XXX - pp.: 29-43, 2000

Internal structures, parageneses and classification of the miarolitic Li-bearing complex pegmatites of Elba Island (Italy)

Federico Pezzotta*

Museo Civico di Storia Naturale of Milan, Corso Venezia 55 - 20121 Milan - Italy

Abstract - This paper reports a study on the internal structure, the mineralogy and the paragenetic sequence in pockets of the miarolitic complex pegmatites of Elba Island (Italy). Depending on structural and mineralogical characteristics these dikes are classified into four categories. Listed in order of increasing degree of evolution they are: 1) dikes without Li minerals; 2) Li-bearing dikes with complex asymmetric zoning; 3) Li-bearing dikes with simple asymmetric zoning; 4) irregularly zoned Li-bearing dikes. The variable degree of evolution is reflected in a roughly zoned occurrence across the margin of the Mt. Capanne pluton, the more evolved dikes being located farthest away from the contacts in the thermometamorphic aureole. The dikes without Li minerals are barren miarolitic dikes with dispersed pegmatitic pods in the aplitic rock, and with a primitive pocket mineralogy. The Li-bearing dikes with complex asymmetric zoning have a central portion with well developed asymmetric zoning, characterised by a mainly aplitic sodic lower unit, and a potassium rich pegmatitic upper unit, with large miarolitic cavities and an irregular, aplitic-pegmatitic peripheral portion, near the termination of the dike. The pocket mineralogy of the central portion is uniform and displays a moderate degree of evolution. In the peripheral portion the mineralogy of cavities ranges from primitive to highly evolved. The Li-bearing dikes with simple asymmetric zoning show structural and mineralogical characteristics similar to those of the central portion of the second category and have a uniform highly evolved pocket mineralogy. The irregularly zoned Li-bearing dikes are cavity-poor and display an irregular zoning which may be locally absent. These dikes, hosted in the hornfels, suffered massive loss of fluids during the crystallisation, as shown by alteration of the host rocks. This prevented internal structural differentiation and the formation of miarolitic cavities.

The pocket evolution is complex, especially in the large cavities of dikes of category 2, and includes pocket ruptures and one, and locally two, hydrothermal stages. The structural, mineralogical, and paragenetic characteristics of the dikes of the third category and the central portion of the ones of the second category, have many similarities with those reported in the literature for miarolitic, gem-bearing dikes from California and Afghanistan.

Riassunto - Questa pubblicazione riporta uno studio sulle strutture interne, sulla mineralogia e sulla paragenesi delle cavità delle pegmatiti miarolitiche complesse dell'Isola d'Elba (Italia). In base alle caratteristiche strutturali e mineralogiche questi filoni sono stati classificati in quattro categorie. Elencate in base al progressivo grado di evoluzione esse sono: 1) dicchi privi di minerali di Li; 2) dicchi contenenti Li con zonatura asimmetrica complessa; 3) dicchi contenenti Li con zonatura asimmetrica semplice; 4) dicchi contenenti Li irregolarmente zonati. Il variabile grado di evoluzione si riflette in una zonatura di affioramento attraverso il margine del M.te Capanne, dove i dicchi a più alto grado di evoluzione si trovano nell'anello di rocce termometamorfiche a maggior distanza dal contatto con il plutone. I dicchi privi di minerali di Li sono dicchi sterili miarolitici con concentrazioni pegmatitiche sporadiche entro la roccia aplitica, e presentano una mineralogia delle cavità poco evoluta. I dicchi contenenti Li con zonatura asimmetrica complessa presentano una porzione centrale con una ben sviluppata zonatura asimmetrica, caratterizzata da una unità inferiore aplitica prevalentemente sodica, e da un'unità superiore pegmatitica ricca in potassio, con ampie cavità miarolitiche. Questi filoni presentano, in prossimità delle loro estremità, porzioni periferiche irregolari aplitico-pegmatitiche. La mineralogia delle geodi della porzione centrale è uniforme e mostra un moderato grado di evoluzione. Nelle porzioni periferiche la mineralogia delle cavità va da primitiva a fortemente evoluta. I dicchi contenenti Li con zonatura asimmetrica semplice mostrano caratteristiche strutturali e mineralogiche simili a quelle della porzione centrale dei filoni della seconda categoria e presentano una mineralogia delle cavità uniforme e fortemente evoluta. I dicchi contenenti Li irregolarmente zonati sono poveri di cavità e mostrano una zonatura irregolare, talvolta assente. Questi dicchi, messisi in posto negli hornfels, hanno subito una massiccia perdita di fluidi durante la cristallizzazione, come indicato dalla alterazione della roccia incassante. Questo fenomeno ha impedito la differenziazione con formazione di strutture interne regolari e la formazione di cavità miarolitiche.

L'evoluzione delle geodi è complessa, soprattutto nel caso delle ampie cavità dei dicchi della seconda categoria, e comprende eventi di fratturazione e localmente uno, se non due, stadi idrotermali. Le caratteristiche strutturali, mineralogiche e paragenetiche dei dicchi della terza categoria e delle porzioni centrali di quelli della seconda categoria, hanno molte similitudini con quelle riportate in letteratura per i dicchi miarolitici, ricchi di gemme, della California e dell'Afghanistan.

Key words - granitic pegmatite, miarolitic cavity, Elba Island.

* E-mail: fpezzotta@yahoo.com

Introduction

The aplite-pegmatite intrusions of the Mt. Capanne Pluton, located in the western part of the Elba island (Tyrrhenian Sea, Italy), are known for their excellent pocket collectibles and rare accessory minerals, produced mainly in the past. Moreover, these intrusions are the only representatives of Li-bearing pegmatites in Italy.

Although the mineralogy of these dikes has been investigated since the 18th century, little is known about their geochemistry, petrogenesis and internal structure. Recently some studies were performed on these topics, and the first results are reported in Ruggeri and Lattanzi (1992), Aurisicchio *et al.* (1992), Pezzotta (1993a-b), Aurisicchio *et al.* (1994) and Pezzotta (1994), Orlandi and Pezzotta (1996).

One approach to the study of zoned pegmatites is the use of minerals with variable compositions and textures (e.g. tourmaline, beryl, micas, and feldspars) as recorders of petrogenetic information (e.g. Foord, 1976; Jahns, 1982; Shearer *et al.*, 1985; Jollif *et al.*, 1986). The colour of tourmalines is roughly indicative of their chemistry, and may be used to reveal the fractionation trends and relative degree of evolution of the rocks that host these minerals (Jollif *et al.*,1986, and reference therein). Distinct types of textures of many minerals (e.g. feldspars, tourmaline, micas, etc.), confined to particular zones of a structurally complex pegmatite, also evidence the evolution of the physicochemical conditions of crystallisation (e.g., London, 1992).

Here I report the structural, mineralogical and paragenetic features of the Mt. Capanne pegmatite field. The description and classification of the Elba pegmatites are based on abundance, distribution, texture, and parageneses of rock-forming minerals and accessory phases. This paper also discusses the petrogenesis and the internal evolution of these intrusions, as well as the regional zonal distribution of the different pegmatite types. Systematic analyses of mineral compositions and quantitative petrologic studies of selected dikes are in progress.

Much of the volume of the famous Elba pegmatites has been mined out before World War I (e.g. Sinkankas, 1981). During this study, detailed field work since 1985 resulted in finding about 45 unexplored dikes along the eastern margin of the Mt. Capanne pluton. They are rich in accessory phases and miarolitic cavities. The three-dimensional sampling and description of a number of selected dikes have been performed by mining, with collaboration of mineral collectors. Data on the famous but exhausted dikes were obtained from the literature, as well as from observations on veins outcropping in old quarries, pegmatite fragments in dumps, and specimens in public and private mineralogical collections.

The Mt. Capanne pluton

The Mt. Capanne pluton is the largest exposed intrusion of the Tuscan magmatic province, and makes up most of the western part of the Elba island (Fig. 1). The radiometric (Rb/Sr) age of the intrusion is 6.7-6.9 Ma (Ferrara and Tonarini, 1985).

The classification of the intrusive rocks of the Mt. Capanne pluton is problematic. Considering mode, chemistry, zircon morphology (Pupin, 1976, 1980) and abundance of mafic microgranular enclaves, they show calc-alkaline characteristics. In contrast, the abundant aluminous xenoliths, the presence of a cordierite-bearing facies and certain elemental ratios (Th/Ta, Th/U, La/Ta) are typical of peraluminous granitoids (Bussy, 1990). Poli *et al.* (1989), on the basis of geochemical and isotopic data, suggest that the Mt. Capanne granite originated from anatectic magmas formed by the partial melting of metapelitic rocks, metasomatically enriched in volatile elements. A subcrustal potassic magma might have been the heat source for the anatexis of the metapelitic rocks.

The pluton intruded, deformed and injected rocks of the tectonic unit IV described by Keller and Pialli (1990, and references therein), including ophiolites, radiolarites, limestones and flysch. The intrusion also produced a well-developed thermal aureole in the high horneblende hornfels facies.

The monzogranite dome

The "main facies" of the pluton consists of a medium-grained monzogranite. Near the contact with the country rocks, the equigranular granite becomes porphyritic, with large K-feldspar megacrysts. It contains quartz, plagioclase (zoned from An40 to An12), K-feldspar and biotite, accessory apatite, zircon, titanite, tourmaline, ilmenite, secondary chlorite, sericite, calcite, and a small amount of alteration minerals. Some dispersed grains of hercynite and local cordierite are distributed near the contact (Poli *et al.*, 1989).

Silicic dike rocks

Acidic dikes of the M.te Capanne aureole are shown in the diagram of figure 2. These intrusions, mainly composed of leucogranites and aplites (see the legend of Fig. 1) strike N-S and dip 30°- 75° E. They are hosted by the granodiorite phase of the pluton, along the contact of the granodiorite and thermomethamorphic rocks, and in the hornfels of the thermometamorphic aureole. Width of the dikes ranges from few centimetres up to 20 meters. The leucogranites have a medium grain size and a locally oriented magmatic texture. These rocks contain

Fig. 1 - Schematic geological map of the eastern margin of the Mt. Capanne pluton, Isola d'Elba (Italy). Simplified after the unpublished geological field map 1:5000 of the author.

Q, quaternary sediments; C, limestones and sandstones of complex V; Sc, metasedimentary hornfels of complex IV, composed by biotitic schists with local lenses of marbles; S, metabasic rocks of complex IV, composed by tremolite, antofillite, and talc bearing serpentinites, with local intense hydrothermal-thermometamorphic alteration associated with magnesite deposits; [ ] Mt. Capanne monzogranite; [ ] Leucogranite and aplite dikes; π, granitic porphyries. Miarolitic aplite-pegmatite dikes: (1) dikes without Li minerals; (2) Li-bearing dikes with complex asymmetric zonation; (3) Li-bearing dikes with simple asymmetric zonation; (4) irregularly zoned to unzoned Li-beraing dikes. Old pegmatite quarries also are marked.

Elba Island
Colle Reciso
Sc
Pietra Acuta
Fosso dei Forcioni
Sc
Ca' Mastaglino
S
Sc
Catri
Q
π
S
Sc
Fosso Gorgolinato
C
Q
S. ILARIO IN CAMPO
Fosso Marcianella
S
Fosso S. Francesco
S
Graziano
S
π
C
π
Grotta D'Oggi
Fosso Bovallico
S
Q
C
S. PIERO IN CAMPO
Facciatoia
Fonte del Prete
Masso Foresi
S
MARINA DI CAMPO
C
La Speranza
S
Le Caviere
S
Q
N
1 Km

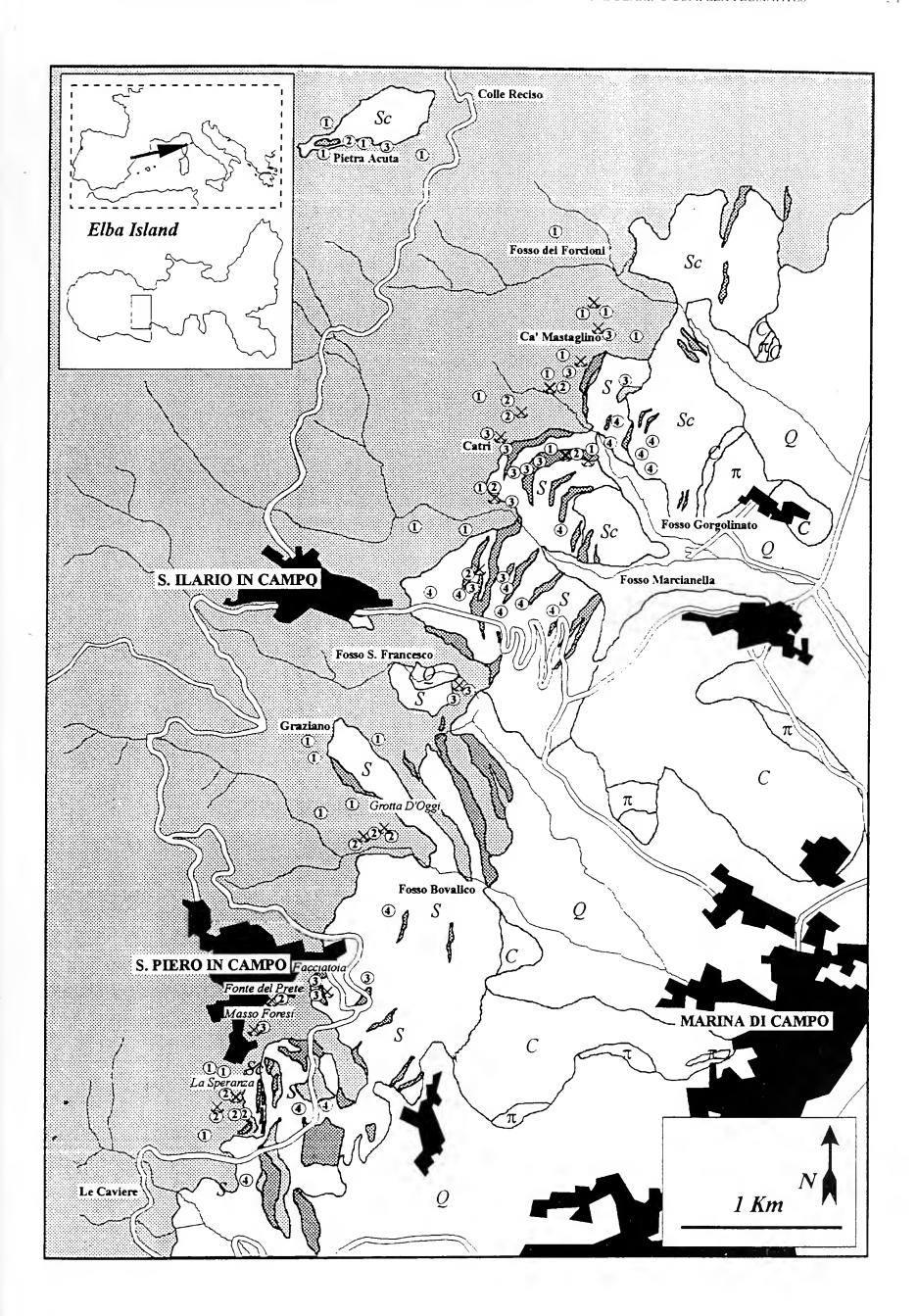
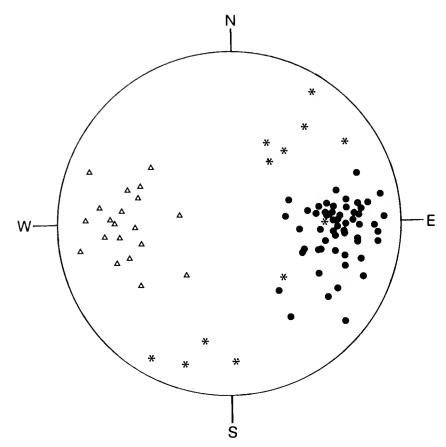



Fig. 2 - Pole diagram of the acid dikes outcropping along the E margin of the Mt. Capanne pluton. Triangles: leucogranite and aplite dikes; black points: miarolitic aplite-pegmatite dikes and associated aplites. Stars indicate fractures coated by late black tourmaline, feldspars, and quartz.

quartz, K-feldspar, plagioclase (5-30% An), subordinate biotite and white micas, and locally abundant cordierite. Tourmaline, zircon, apatite, titanite, andalusite, sulphides and other opaque minerals, are accessory phases. A late circulation of magmatic fluid is responsible for the local alteration of feldspars and Fe-Mg minerals. The aplites show a variable grain size, with rare patches of quartz-rich massive pegmatite. Flow textures, as well as multiple intrusion contacts and magmatic breccias, are widespread. Quartz, K-feldspar, plagioclase (5-20% An), scarce biotite and/or white micas are the rock-forming minerals. Zircon, apatite and andalusite are rare accessory phases. A tourmaline-rich facies, with abundant subhedral to anhedral tourmaline crystals, is widespread. This tourmaline-rich facies locally displays a strong deuteric alteration, with almost complete discoloration and/or chloritization of biotite, formation of iron hydroxides, and kaolinization and sericitization of feldspars.

Miarolitic Li-bearing aplite-pegmatite dikes

The aplite-pegmatite dikes containing the world-famous miarolitic cavities lined by euhedral crystals of several minerals species (Orlandi and Pezzotta, 1996) are widespread along the eastern contact of the pluton in its peripheral parts and in the surrounding thermometamorphic rocks (Aloisi, 1920; Marinelli, 1959; Carobbi and Rodolico, 1976). The best known occurrences are located near the villages of S.Piero in Campo and S. Ilario in Campo (Fig. 1). The size of these dikes ranges from few centimetres up to 2 meters in width, and up to 20 meters along strike.

In the pockets, two main stages of the paragenetic sequence have been already recognised (e.g. Carobbi and Rodolico, 1976):

- an "aplitic-pegmatitic" stage, consisting of K-feldspar, albite, quartz, tourmaline, beryl, lepidolite, petalite, pollucite and garnet.
- a "hydrothermal stage" responsible for the crystallisation of several zeolites, possibly pink elbaite and calcite, and the alteration of K-feldspar into kaolinite and/or zeolites.

Ruggeri and Lattanzi (1992) described these pegmatites as "miarolitic (shallow depth) pegmatites" in the classification scheme of Černý (1982a). The same authors, studying fluid inclusions in vug crystals of quartz, tourmaline and beryl, calculated the upper pressure limit for pegmatitic crystallisation at ~ 2 kbar. These data are consistent with independent geological evidence.

The attitude of the miarolitic, Li-bearing pegmatites, and the associated aplite dikes swarms, occurring along the western margin of the M.te Capanne pluton between Le Caviere (S of S.Piero) and Fosso dei Forcioni (N of S. Ilario), are shown in the pole diagram of figure 2. These dikes (categorised as (1), (2), (3), and (4) in Fig. 1) strike N-S and dip 35°-80° W. They are hosted in the granodiorite, in the larger leucogranitic and aplitic apophyses and dikes outcropping along the margin of the pluton, and in the thermometamorphic rocks.

The structural evidence indicates that the miarolitic, Li-bearing, pegmatities are the latest intrusions emplaced into the aureole of the Mt. Capanne pluton.

Fracture fillings and hydrothermal alteration

The attitude of a fracture system in the granodiorite of the eastern margin of the Mt. Capanne pluton, associated with quartz, feldspars, and black tourmaline crystallisation and local hydrothermal alterations, is also shown in the diagram of figure 2. These brittle structures, with negligible vertical movement slip, locally crosscut the miarolitic pegmatites (Aurisicchio et al, 1999).

THE MIAROLITIC APLITE-PEGMATITE DIKES

The study and the classification of the aplite-pegmatite dikes of the E margin of the Mt. Capanne pluton were performed taking into account the internal structure, textural patterns, rock-forming mineralogy and the abundance and distribution of accessory phases, colour of tourmaline, and pocket parageneses.

Microstructural observations were performed on thin sections cut along traverses across representative dikes. Pocket mineral parageneses have been deciphered by microscopic observations of the growth relationships among the different minerals. Besides a large number of small cavities, about sixteen large pockets have been observed in place and sampled by the author during this study.

Identification of minerals has been carried out by qualitative SEM analysis performed with an EDAX equipment attached on a Philips PW515 Scanning Electron Microscope; quantitative WDS analysis was carried out on an ARL SEMQ electron microprobe in wavelength-dispersive mode. An automated Rigaku difractometer and CuK(alpha) radiation were used for X-ray powder diffraction. Selected compositions of some minerals of the studied dikes

are reported in: Aurisicchio *et al.* (1988 - beryl); Orlandi *et al.* (1990 - Nb-Ta oxides); Aurisicchio *et al.* (1993 - uranopolycrase); Orlandi and Pezzotta (1993 - sekaninaite); Pezzotta (1994 - helvite); Pezzotta *et al.* (1996 - tourmaline); Aurisicchio *et al.* 1999 (tourmaline); Aurisicchio *et al.* 1998 (Nb-Ta oxides); Teerstra *et al.* 1998 (rubidium feldspars and pollucite).

The aplite-pegmatite dikes were classified into 4 categories: 1) dikes without Li minerals; 2) Li-bearing dikes with complex asymmetric zoning; 3) Li-bearing dikes with simple asymmetric zoning; 4) irregularly zoned to unzoned Li-bearing dikes.

1) Dikes without Li minerals

The miarolitic dikes of this category are characterised by lack of Li-Cs minerals and by the presence of tourmaline crystals of exclusively black colour. These intrusions are abundant and are hosted by the monzogranite (in both the equigranular and porphyritic facies). Locally they also are hosted by the aplite and leucogranite masses emplaced along the contact between granodiorite and hornfels (Fig. 1). The dikes are a few centimetres to 1 meter thick and 2 to 20 meters long. Networks of small (1-20 cm thick) crosscutting veins can also be observed in the monzogranite. These intrusions do not display significant textural or mineralogical zoning. They are mainly aplitic, with the pegmatitic portions dispersed as irregular pods and veins. Pegmatitic dikes lacking aplite are exceptional. Miarolitic cavities, rarely exceeding 10 cm in diameter, occur only in pegmatitic portions.

The main components of the aplitic rock are quartz, K-feldspar, plagioclase and biotite. Black tourmaline is irregularly distributed. Blue beryl and zircon are rare accessory phases. Tourmaline occurs as primary, zoned, prismatic, euhedral crystals in aplite and pegmatite, and as radiating crystal groups and graphic intergrowths with quartz, albitic plagioclase, and perthitic-graphic K-feldspar in pegmatite. A second generation of intergranular tourmaline is common.

The mineralogy of miarolitic cavities reflects the primitive nature of these pegmatites. Only tourmaline and, exceptionally, zoned garnet (25-40% Alm, 60-75% Sps, with Mn-enriched rim) are locally abundant. Tourmaline needles (syntaxial on primitive crystals) and plumose aggregates are associated with the second generation of tourmaline. Other accessory phases are rare; the pocket paragenesis (Fig. 3) is very simple. No significant hydrothermal process of mineral alteration is developed.

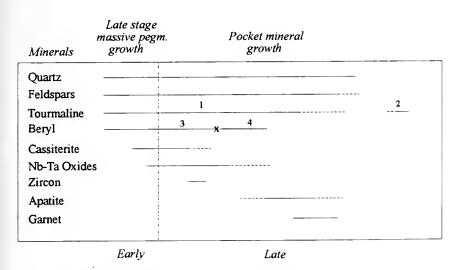



Fig. 3 - Paragenetic sequence in pockets developed in dikes without Li minerals. (1) Black prismatic crystals; (2) black needles; (3) pale blue beryl; (4) colourless to pale green beryl.

2) Li-bearing dikes with complex asymmetric zoning

The miarolitic dikes of this category are characterised by Li-bearing accessory phases, and a complex three-dimensional asymmetric zonation. These dikes display a marked variation in grain size, in abundance and in textures of rock forming minerals, and in distribution as well as composition of accessory phases. Pocket parageneses range from primitive to highly evolved types. It is possible to assume that most of the famous dikes of Grotta d'Oggi, La Speranza, Fonte del Prete and Fosso Gorgolinato (Millosevich, 1914), belong to this category (see Fig. 1). Two of these dikes (named N1 and N2 in Pezzotta, 1993a) located about 50m SW from the famous locality "La Speranza", are of particular interest, having large dimensions and being only little eroded by natural agents. These two pegmatites, exploited for mineral specimens from 1990 to 1994, are here considered as representatives of the structures and mineralogy of the Li-bearing dikes of this category.

The dikes belonging to this category are hosted by the porphyritic monzogranite and, exceptionally, along the contact of the leucogranite with basic thermometamorphic rocks (Fig. 1). Most of them are 6-10 m long and 1-2 m thick. The dip can range from 25° to 75°. The contacts along strike are generally sharp, and the termination consist of a fingering-out network of small veins. In some cases, thin anastomising aplitic apophyses can run continuously for several tens of meters.

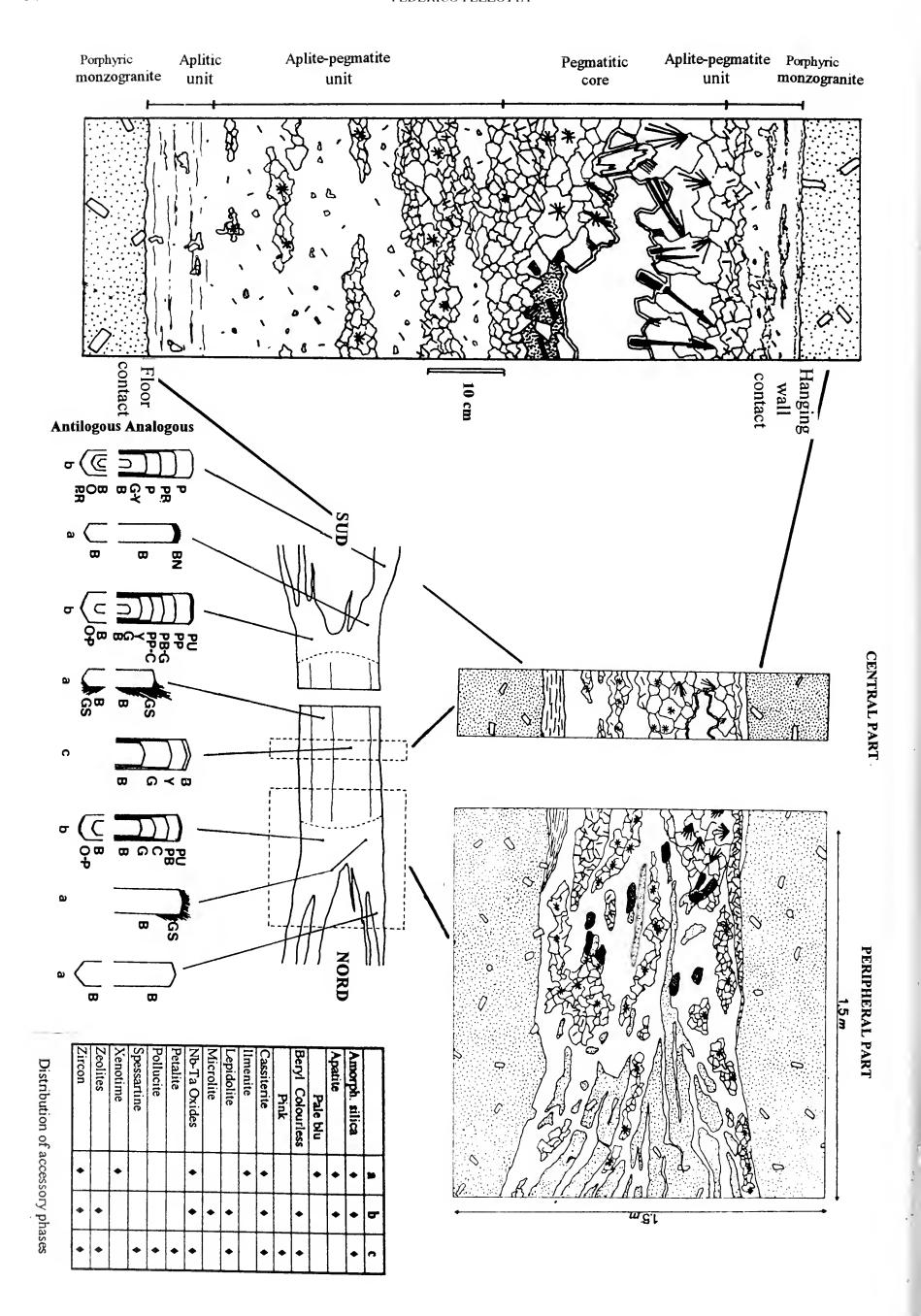
The N1 and N2 dikes are described here as typical examples of Li-bearing dikes with complex asymmetric zoning. They are mutually similar but the larger one (N2) displays a much more complex zoning, which is a multiple of that displayed by in the N1 dike.

The S. Silvestro Dike (N1 dike)

Figure 4 represents a horizontal section across the N1 dike. A large "central portion" displays a well developed asymmetric zoning, with an aplitic footwall rich in Na and relatively depleted in K, and a coarse grained overlying quartz-perthite-albite pegmatite, enriched in K and poorer in Na. From the floor up to the hanging wall, 4 units have been distinguished: 1) aplitic footwall unit; 2) aplite-pegmatite unit; 3) pegmatitic core with pocket zone; 4) aplite-pegmatite hanging-wall unit. Near the termination of the dike, the central portion rapidly disappears into "peripheral portions". The peripheral portions are characterised by aplitic grain size with dispersed pegmatitic pods and veins and abundant monzogranite fragments, with locally extensive tourmalinization.

The footwall part of the N1 dike consists of 5-25 cm thick aplitic unit. This massive aplite has a sugary appearance and locally displays a banded texture which consists of 0.1-1 cm thick layers. These layers reflect variation in grain size and in concentration of plagioclase, K-feldspar and biotite. The rock consists of abundant plagioclase and quartz, scarce K-

	a	b	c
Amorph. silica	♦	♦	♦
Apatite	♦	♦	
Pale blu	♦		
Beryl Colourless		♦	♦
Pink			♦
Cassiterite	♦	♦	♦
Ilmenite	♦		
Lepidolite		♦	♦
Microlite		♦	
Nb-Ta Oxides	♦	♦	♦
Petalite			♦
Pollucite			♦
Spessartine			♦
Xenotime	♦		
Zeolites		♦	♦
Zircon	♦	♦	♦

Distribution of accessory phases

feldspar, and sparsely distributed biotite. Plagioclase forms euhedral to anhedral progressively zoned crystals (14-5% An). Little euhedral and progressively zoned Ca-richer (20-8%) plagioclase crystals also are abundant in the mass of aplite and locally as inclusions in the K-feldspar. K-feldspar is present as anhedral grains and in larger (up to 1.5 cm) perthitic crystals with graphic quartz, elongated roughly perpendicular to the wallrock contact. Biotite is present as fine-grained flakes at the contact with the host wall rock, and as medium-grained elongated crystals in the others portion of the aplite. Micrographic biotite-quartz intergrowth, as well as replacement and/or overgrowth by white micas, are common along the margins of the biotite crystals. Tourmaline is normally present as a rare accessory phase; it is concentrated in anhedral fracture-filling grains, preferentially associated with K-feldspar.

The aplite unit grades upward into a roughly stratified 30-50 cm thick aplite-pegmatite unit (Fig. 5). The layering is concordant with the attitude of the dike and consists of 2 to 4 cm thick discontinuous lenses of coarse-grained miarolitic pegmatite, alternating with fine-grained aplite. The pegmatitic lenses are characterised by: enrichment in K-feldspar, small miarolitic cavities (few cubic centimetres in volume), absence of biotite near the pockets and graphic tourmaline-quartz intergrowths. Small pockets (maximum 1 cm^3 in volume) also are present in the aplitic lenses. Plagioclase grains (8-4% An) are mainly euhedral. Perthitic K-feldspar with graphic quartz are concentrated in pegmatitic lenses. Biotite, in baguette-like crystals, is rimmed by white micas and partially discoloured and/or chloritised. Graphic tourmaline-quartz intergrowths are common in pegmatite and locally also form fracture fillings in K-feldspar. Blue to colourless beryl is a rare accessory phase. In the upper part of the aplite-pegmatite unit a weakly albitised pethitic K-feldspar contains anhedral to euhedral albite-rich plagioclase crystals in fractures.

The aplite-pegmatite unit grades upward into a 20-45 cm thick giant-textured pegmatite. Almost all of the volume of the miarolitic cavities contained in the dike is confined to this pegmatitic core. A large, flat, irregularly oblate pocket (2.30 x 0.35 x 0.80 meters) was discovered in December 1990 in the pegmatitic core of N1 dike. The volume of this "Main Pocket" (approximately 500 dm^3) largely exceeds the sum of the volumes of all other pockets found in the dike. This miarolitic cavity locally extends down into the aplite-pegmatite unit.

A "pocket horizon" divides the pegmatitic core into a lower and an upper part, with partially different textural and modal characteristics.

The lower part has a 3-6 cm grain size, common small miarolitic cavities a few cubic centimetres in volume, relatively abundant albite (4-0% An) mainly in coarse graphic intergrowth with quartz; perthitic K-feldspar with graphic quartz (4-6 cm across); rare quartz-tourmaline graphic intergrowth and biotite in baguette-like crystals up to 5 cm, confined to the contact with the lower unit, largely transformed into white micas.

The part of the pegmatitic core lying above the pocket horizon is characterised by a blocky texture (up to 25 cm in grain size); absence of miarolitic cavities; very scarce albite which becomes abundant only close to large cavities; abundant perthitic K-feldspar (15-25 cm across) with graphic quartz; locally abundant graphic quartz-tourmaline intergrowths rapidly turning into radiating groups of euhedral crystals, or into single crystals projecting downward perpendicular to the roof of the pocket; and anhedral quartz masses up to 10 cm in diameter. Biotite is confined to the upper contact of the unit. All around the large miarolitic cavities, but mainly around the "main pocket", radial microfractures are present, filled with albite and rarely also quartz and/or green tourmaline. These brittle deformations, particularly evident on microscopic observation, control a widespread and abundant albitisation of the K-feldspar.

The Aplite-Pegmatite Hanging-Wall Unit (3 to 12 cm thick), has a medium grain size (1-2 cm) and consists of abundant perthitic K-feldspar with graphic quartz, plagioclase (8-2% An), and biotite. Smaller grain size is typical at the contact with the host rock. This thin aplitic portion contains scarce plagioclase in anhedral spots and as rare small euhedral crystals, moderately Ca-rich, similar to those of the aplitic footwall unit. Albitisation of K-feldspar is widespread. Tourmaline is present both as cavity-grown and fracture-filling crystals.

The peripheral portions are fine to medium-grained with irregularly dispersed pods, spots and veins of pegmatitic grain size. Pockets rarely reach 1 dm^3 in volume. Monzogranite xenoliths, and locally also the monzogranite portions beneath the pegmatite veins, display moderate to complete tourmalinisation. In this process, feldspars and biotite are completely replaced by tourmaline crystal aggregates, generating masses of tourmaline and quartz.

The contact of aplitic-pegmatitic dike with monzogranite is sharp. The oscillatory zoned plagioclase and K-feldspar crystals of the monzogranite are cut by the dike, and display well-developed syntaxic overgrowth in the endocontact. A progressive compositional zoning (25-10% An), which contrasts with the oscillatory zoning (40-12% An) of the crystals of the monzogranite, characterises the plagioclase overgrowth. In a 1-2 cm thick band of the exocontact, biotite displays a slight alteration, and is locally rimmed by a thin overgrowth of white mica (probably zinnwaldite; C. Aurisicchio, pers. comm.). In the same area, myrmekite is abundant, in particular along the

Fig. 4 - Internal structure, tourmaline colours, and accessory phase distribution in the N1 Dike. Dike section perpendicular to dip and parallel to strike.
porphyric monzogranite; tourmalinized monzogranite; aplite; pegmatite; miarolitic cavities; quartz-tourmaline graphic aggregates; tourmaline sprays locally degenerating in comb texture; biotite; lepidolite; petalite; pockets hydrothermal clays.
Tourmaline colors: B = black; BN = black needles; C = colorless; G = green; GS = green sprays; Y = yellow; O = orange; P = pink; PB = pale blue; PP = pale pink; PU = purple; R = red.

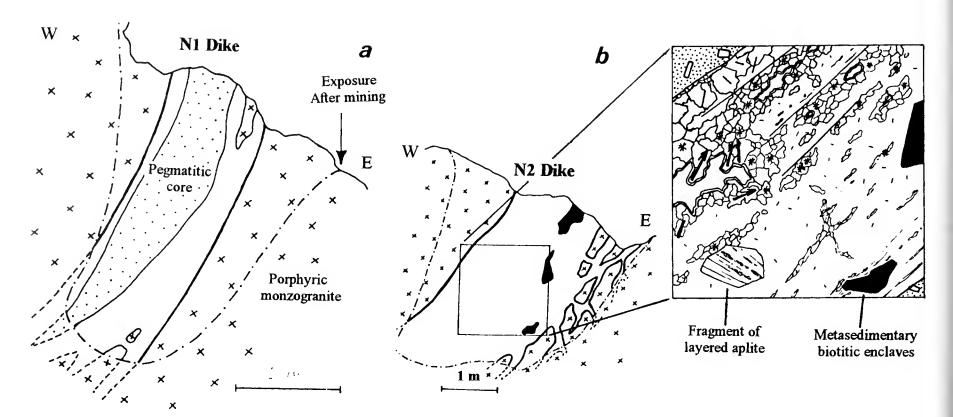



Fig. 5 - (a) N1 Dike in a vertical section, perpendicular to strike; (b) N2 Dike in a vertical section, perpendicular to strike. The insert has the same legend as figure 4.

dike contact. These phenomena, associated with albitisation of K-feldspar, are much more abundant in the monzogranite of the upper exocontact of the central portion than in other parts of the contacts.

A vertical section of N1 dike, perpendicular to the strike (Fig. 5a), reveals a progressive thinning of the pegmatitic core. The aplitic and aplitic-pegmatitic units suddenly lose their characters when granitic enclaves occur in the dike, indicating the limit of the central portion and the transition to the peripheral portion.

The Rosina Dike (N2 dike)

The N2 dike is similar to the N1 dike but is larger (10 m long and 2 m thick), and displays a complex structure of the central portion, which is a multiple repetition of the more simpler N1 structure.

A vertical section of the N2 dike, perpendicular to the strike (Fig. 5b), displays a sharp irregular contact with the monzogranite at the hanging-wall contact; a network of aplitic veins characterises the floor. The dike, from the floor to the hanging wall, can be divided into a lower unit (up to 80 cm thick), mainly aplitic, and an upper unit (up to 1.20 cm thick) consisting of 2 or even 3 repetitions of "aplitic footwall unit-pegmatitic hangingwall unit" pairs.

The massive aplitic lower unit is locally roughly stratified and contains xenolits of monzogranite, of biotitic metasedimentary rock and of stratified aplite. Pods and fracture-filling pegmatitic veins also are present. In September 1993, a single subspherical large pocket (about 75 dm^3 in volume) was found in a pegmatitic pod completely hosted in this aplitic unit.

In the upper unit of the N2 dike, abundant small to medium size pockets (up to 20 dm^3 in volume) are developed in a single "aplitic footwall unit-pegmatitic hangingwall unit" pair. A series of medium to large pockets (up to 80 dm^3 in volume) resides in a core region derived from the coalescence of many "aplitic footwall unit-pegmatitic hangingwall unit" pair. A peculiarity of the core region is the presence of sekaninaite in micrographic intergrowth with quartz (Orlandi and Pezzotta, 1993), which is abundant along the contact of aplite and pegmatite, below the pocket horizon. Individual "aplitic footwall unit-pegmatitic hangingwall unit" pairs are frequently bordered by fracture-like planes filled by elongated, multicentimetric, biotite crystals. The grain size of the "core region" can be exceptionally coarse, and at larger pockets perthitic K-feldspar with graphic quartz as well as quartz masses can attain 30 cm in diameter. Tourmaline crystals are up to 40 x 4.5 cm in size.

A vertical NW-SE fracture crosscuts the dike (and also some pockets) inducing partial alteration and recrystallisation of feldspars and quartz.

Pocket parageneses

The pocket parageneses of the dikes of this group range from primitive to highly evolved. The greatest variability of pocket mineralogy is characteristic of the peripheral portions. The large pockets of the central zone show relatively uniform parageneses of intermediate diversification.

The colours of tourmaline crystals and the distribution of the associated accessory phases in pockets of the N1 dike are shown in figure 4. Cavities with black tourmaline in peripheral portions are only indicated where this mineral is abundant. Moreover, rare, primitive small to minute pockets also are widespread in the rest of the peripheral portions as well as in the aplite-pegmatite unit of the central portion. In central and peripheral portions, in an area adjacent to the "main pocket", an overgrowth of green radiating tourmaline needles on black crystals can be observed. The primitive assemblage of accessory phases (indicated with -a- in Fig. 4) displays a paragenetic sequence similar to the simple one described in figure 3. The succession of colours in the polychrome tourmaline (from black, to green, yellow, and pink) indicates a high degree of evolution in some pockets of the peripheral zones. All tourmaline crystals in the

pockets of the pegmatitic core have similar colours, indicating an intermediate degree of evolution. In the pockets of the central portions (e.g., N1 Dike Main Pocket), differentiation strongly concentrates minor elements including Li, B, and Mn as well as trace elements such as Ta, Cs, Ti, W, U, and Be.

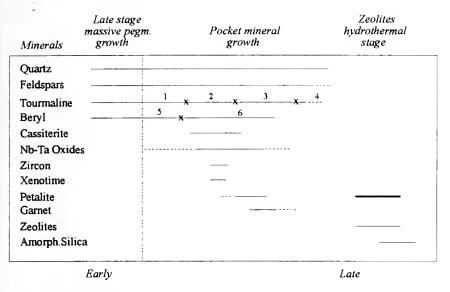



Fig. 6 - Paragenetic sequence observed in the large, aplite-hosted pocket found in the N2 dike. (1) Black tourmaline; (2) Yellow-brown tourmaline; (3) dark brown tourmaline; (4) dark purple tourmaline; (5) pale blue beryl; (6) colourless beryl. Bold line: solution-alteration.

Figures 6, 7, 8, and 9 illustrate progressive evolution of the paragenetic sequences in representative pockets of the N1 and N2 dikes.

The moderately primitive paragenetic sequence reported in figure 6 characterises the large aplite-hosted pocket found in the N2 Dike. The crystals of K-feldspar, albite, quartz, and tourmaline were deeply rooted to the pocket walls, and K-feldspar was mainly concentrated at the roof of the pocket, whereas albite dominates on the floor. Garnet crystals (0.2 to 1.0 cm across, progressively zoned; 93-97% Sps, 7-3% Alm) are present in a large number in cavities. Moreover, preliminary analytical data indicate that

Minerals | Late stage massive pegm. growth | Pocket mineral growth | Pocket rupture | Post-rupture growth | Zeolites hydrothermal stage | Second pocket rupture | Late hydroth. stage

Quartz, Feldspars, Tourmaline, Beryl, Monazite, Cassiterite, Nb-Ta Oxides, Zircon, Xenotime, Petalite, Pollucite, Garnet, Helvite, Zeolites, Amorph.Silica

Early — Late

Fig. 7 - Paragenetic sequence observed in the pocket system in the pegmatite core of the N2 Dike. (1) Probable beginning of the reverse alkali differentiation; (2) crystallisation mainly of albite, partially coating tourmaline and other previously crystallised minerals; (3) black to dark brown tourmaline; (4) narrow overgrowth and fracture filling of green tourmaline; (5) Pale blue-colourless beryl; (6) Pale blue-colourless beryl of a new generation; (7) milky quartz overgrowth, abundant nucleation of minute crystals, and replacement of zeolites; (8) abundant albite and glassy-colourless K-feldspar, nucleation and overgrowth on older crystals; (9) tourmaline overgrowth and nucleation of black needles. Bold line: solution-alteration.

the Mn content of tourmaline crystals from this cavity progressively increased during crystallisation to 7.5% MnO (a common feature of the Elba tourmalines; Aurisicchio *et al.*, in progress) and dropped abruptly to less than 0.2% when the nucleation of garnet began.

A moderately more evolved paragenetic sequence is observed in the series of partially interconnected large cavities, in the core of the N2 Dike (Fig. 7). The evolution of these pockets includes:

(a) a moderate mineral segregation associated with a reverse alkali distribution similar to that described by Stern *et al.* (1986, page 420) in a pegmatite from California (albite, tourmaline and beryl preferentially along the roof of the pocket; K-feldspar is more abundant on the floor of the cavity, in many crystals of small size, whereas in the roof it composes rare but large crystals);

(b) the presence of pollucite and of a late overgrowth of green tourmaline;

(c) the presence of moderate amount of helvite in tetrahedral crystals (up to 4 cm across, now largely altered and dissolved; Pezzotta, 1994);

(d) crystallisation of garnet at primitive stages of evolution of the pockets;

(e) pocket rupture during the mineral growth which caused a partial collapse of the roof of the cavity;

(f) a new generation of beryl after the pocket rupture.

In some cavities intersected by a fracture crosscutting the dike (belonging to the same fracture system as shown in Fig. 2) a second pocket rupture occurs. In these cavities a second hydrothermal event is associated with a new generation of milky quartz, albite, K-feldspar, and black tourmaline (with syntaxic overgrowth on older crystals and abundant new nucleation), and a partial dissolution of beryl, and an almost complete dissolution of petalite, pollucite, helvite, zeolites, and hyalite. Quartz and albite microcrystals, mainly concentrated on the floor of the pockets, replace locally the zeolites.

Figure 8 shows the paragenetic sequence observed in the main pocket of the N1 Dike. Compared to the pockets illustrated in figure 7, the more evolved par-

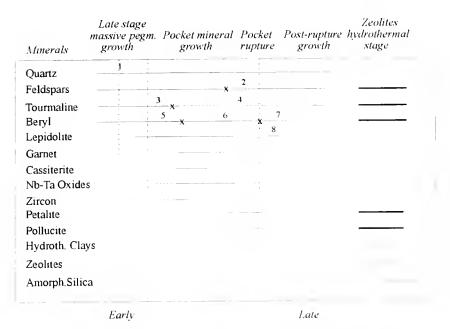



Fig. 8 - Paragenetic sequence observed in the main pocket of the N1 Dike. (1) Probable starting of the reverse alkali differentiation; (2) crystallisation mainly of albite; (3) black tourmaline; (4) yellow-green tourmaline; (5) pale blue beryl; (6) colourless to pink beryl; (7) pink beryl of new generation; (8) second generation of lepidolite. Bold line: solution-alteration.

agenesis of this cavity is indicated by the presence of lepidolite and green to yellow tourmaline. Other remarkable differences are demonstrated by a more evolved mineral segregation and reverse alkali distribution developed since the first stages of pocket mineral growth (with lepidolite preferentially spread on the floor of the pocket), by crystallisation of mainly albite among feldspars, during the post-rupture mineral growth, covering the previous crystallised minerals with a 1 - 2 cm thick layer, and by the crystallisation, during the post-rupture growth, of a new generation of lepidolite in small masses of minute pink crystals, distributed on the floor of the pocket (locally replacing petalite) and encrusting larger, pre-existing mineral aggregates.

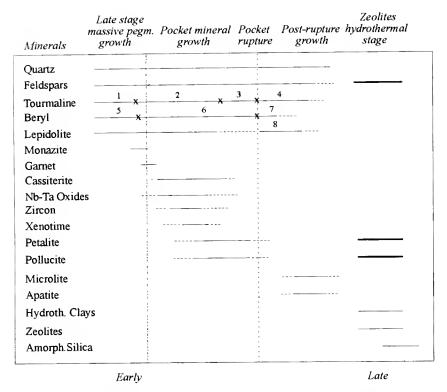



Fig. 9 - Paragenetic sequence observed in highly evolved pockets in the N2 Dike. (1) Black tourmaline; (2) green to pink tourmaline; (3) growth of floating, doubly terminated tourmaline "pencils"; (4) abundant new nucleation of tourmaline with overgrowth on previous crystals; (5) colourless beryl; (6) pink beryl; (7) colourless to pale pink beryl of a new generation; (8) lepidolite partially pseudomorphous after pink tourmaline, K-feldspar, and petalite. Bold line: solution-alteration.

The paragenetic sequence, observed in the highly evolved miarolitic cavities (of moderately small size) in the peripheral parts of N1 and N2 dikes, is reported in figure 9. Remarkable differences from the paragenetic sequence of the Main Pocket of the N1 Dike are the absence of mineral segregation, a complex history of tourmaline growth, the more precocious crystallisation of garnet, and the abundant presence of a second generation of lepidolite, in large aggregates of millimetric crystals, partially replacing pink tourmaline, K-feldspar and petalite. K-feldspar in these pockets becomes grey to pink-red in colour. The change of the tourmaline colour from black to green, and locally also from green to pink, occurred before the pocket growth of crystals. Before the pocket rupture, rare, floating, doubly terminated tourmaline "pencils" crystallised, usually pink in colour. After the pocket rupture, a locally abundant new tourmaline generation (green to pink) produced thousands minute doubly terminated needles. These submillimetric tourmalines, locally together with minute crystals of albite and mica, coated all the other minerals as a "snow on the roof", reflecting a nearly stagnant parent medium.

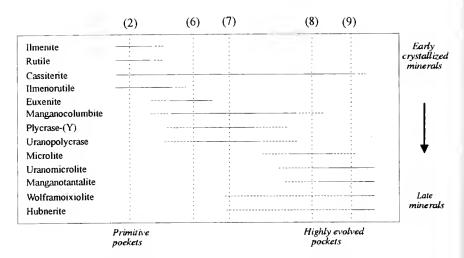



Fig. 10 - Associations of oxide and wolframate minerals in the studied pegmatites, depending on the degree of evolution of the mineralogy in the pockets. (3), (6), (7), (8), and (9), indicate the association of oxides and wolframates observed in the pockets reported respectively in figure 3, 6, 7, 8 and 9. (*) indicates an uncertain position of the mineral in the diagram, because of limited analytical and paragenetic data reported in the literature and obtained by the author.

Figure 10 details the association of oxide and wolframate minerals in these pegmatites, depending on the evolution of the mineralogy of the pockets. These minerals can be found intergrown mutually, locally in epitaxial aggregates, and associated with zircon, monazite and xenotime.

The study of miarolitic cavities from other Li-bearing dikes with complex asymmetric zoning, in the S.Piero and S.Ilario areas, indicates mineral assemblages and pocket parageneses close to those described for the N1 and N2 dikes. Even if garnet and/or petalite and pollucite are locally rare (up to absent), no significant variation of the paragenesis of the other minerals can be observed. It is noteworthy that pocket albite, in the N1 and N2 dikes as well as in all the other observed dikes, occurs in white to pale azure stocky crystals and curved aggregates (overgrown on graphic intergrowths of albite plus quartz) but never develops clevelandite morphology.

3) Li-bearing dikes with simple asymmetric zoning

The miarolitic dikes of this group are characterised by Li-bearing accessory phases, and by a simple asymmetric zoning. The grain size, the abundance and the textures of rock-forming minerals, change in the direction perpendicular to the walls. The pockets parageneses, the tourmaline colours, and the mineral assemblages, usually highly evolved, are similar (or were identical) in all the cavities of the same dike. Considering old samples and the outcrops in abandoned quarries, it is possible to assume that at least a part of the dikes of the famous localities of Masso Foresi, Facciatoia, Catri, Fosso Gorgolinato, and Fosso dei Forcioni (Millosevich, 1914) belong to this type.

These dikes are hosted in the porphyritic monzogranite close to the contact with the country rocks, in the E-dipping aplite (locally deuterised and with accessory tourmaline) and leucogranite dikes, and in the thermometamorphic (extensively hydrothermally altered) mafic rocks of the contact aureole. The pegmatites have a flat shape and are often intruded "en echelon". Low-angle intersections of two or three dikes can be locally observed. The dikes are small: they are 6-8 meters long and rarely exceed the thickness of 25 centimetres. Miarolitic cavities are locally

abundant, and the largest ones (exceptionally up to 120 x 80 x 25 centimetres) have been observed in dike intersections. Along the exocontacts the same mineral alterations occur as described for the second category of dikes.

Two kinds of Li-bearing dikes with asymmetric zonation have been distinguished depending on mineral textures:(1) a "Facciatoia Type", and (2) a "Catri Type".

On a small scale, the intrusions of the Facciatoia Type have structures and mineral textures similar to those described for the central portion of the dikes of the second category. Indeed, in a dike 15-20 cm across, an aplitic footwall unit transitional to a pegmatitic-miarolitic zone, and an aplitic-pegmatitic hangingwall unit can be observed. Tourmaline (as graphic intergrowth with quartz) and lepidolite (as isolated centimetric primary crystals, and as microcrystalline small masses of late replacive origin on petalite, pollucite, and pink tourmaline, and probably also feldspars and quartz) are abundant along the pocket horizon.

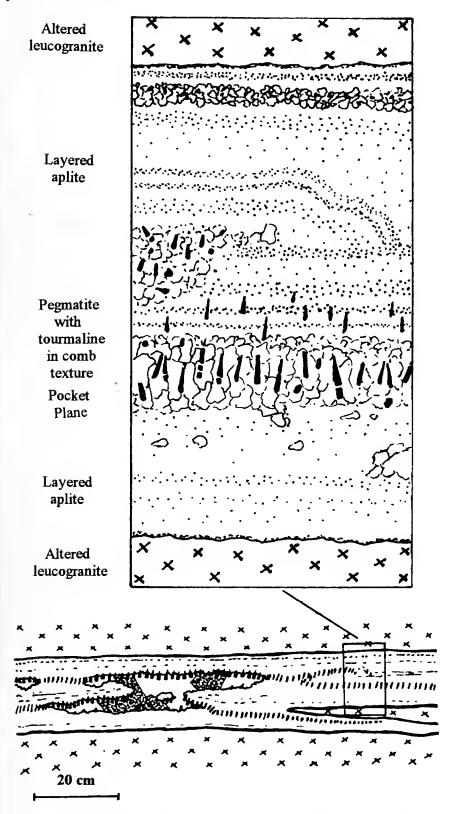



Fig. 11 - Internal structure of a Catri Type dike, with multiple aplite-pegmatite layers. Dike section perpendicular to dip and parallel to strike. Note the pocket with tourmaline crystals preferentially lining the roof, and with large altered petalite crystals, in the lower part of the figure.

The dikes of the Catri Type are stratified, and characterised by texturally and paragenetically segregated layered aplitic and pegmatitic units (Fig. 11). A constant feature is the presence of tourmaline crystals, grown perpendicularly to the walls downwards (comb texture). Sodium-enriched aplite has sugary appearance and is composed of albitic plagioclase (7-2% An), quartz, rare K-feldspar, and accessory white to pink micas in small flat crystals, rare biotite, and sekaninaite. In contrast, pegmatitic (1 to 4 cm in grain size), potassium-enriched units are composed of K-feldspar, quartz, scarce albitic plagioclase, tourmaline, and lepidolite. Albitic plagioclase is mainly concentrated below the pocket horizon. K-feldspar is perthitic and commonly deeply albitised; crystals grow perpendicular to the roof, and have a graphic intergrowth with quartz at the root. At the base of comb tourmaline crystals, a tourmaline-quartz graphic symplectite rapidly turns into a single tourmaline crystal with a quartz core, and finally into a quartz-free tourmaline prism. In subvertical dikes, tourmaline comb texture can be developed concentrically, from both walls inwards.

The rare dikes hosted in extensively hydrothermally altered mafic rocks have a reaction aureole in the exocontact, locally rich in radiating crystals of black tourmaline. These intrusions, mainly of pegmatitic nature, are intermediate between Facciatoia and Catri Type, and have tourmaline in graphic intergrowth with quartz, as well as in radiating crystals and/or in comb texture.

Mineral assemblages and pocket paragenesis of the III category of dikes are similar to the highly evolved ones illustrated in figure 9. Remarkable differences are in the presence of a strong mineral segregation, particularly developed in the Catri Type (more than 90% of tourmaline crystals are lined on the pockets roof), locally associated with a moderate "inverse" alkali differentiation; the absence of evident pocket ruptures during the pocket crystallisation; and a single-phase tourmaline crystal growth. In some pockets a late fluid circulation occurred, similar to the one described in figure 7 (after the second pocket rupture). This process, which can be only weakly developed, is associated with late microfractures (the same system as shown in Fig. 2), and is responsible for the crystallisation of a "black hat" on the top of tourmaline crystals.

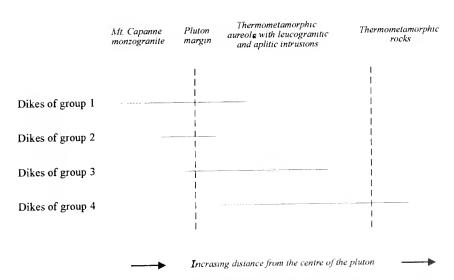



Fig. 12 - Qualitative diagram of the zoned distribution of Elba pegmatites.

4) Irregularly zoned to unzoned Li-bearing dikes

The Li-bearing dikes of this category are irregularly zoned to unzoned, and have a random distribution of accessory phases. The host rocks are the hydrothermally altered mafic rocks and the metasedimentary hornfels of the thermometamorphic aureole of the pluton. These dikes can have irregular shapes and changes in attitude. The thickness ranges from a few centimetres up to 2 meters and the length can attain 6-7 meters. Black tourmaline and white micas can occur along the exocontacts together with hydrothermal alteration products.

The internal structure of these dikes ranges from irregularly distributed masses of aplitic and pegmatitic rocks, with local concentrations of tourmaline and white to pink micas, to a medium-grained rock with homogeneous distribution of minerals. In the pegmatitic masses, tourmaline occurs locally in radiating groups or comb textures, as well as randomly oriented prismatic crystals. Tourmaline is normally black, but it is occasionally present as polychrome crystals with black to green and pink colour. White to pink micas, locally abundant, can be concentrated in granular masses many decimetres across, in contact with fine-grained spongy albite aggregates, and enclosing green to pink, partially corroded tourmaline crystals. Plagioclase is always of albitic composition. Miarolitic cavities are rare, and absent in some dikes. The pockets are concentrated close to areas with tourmaline in comb texture or in spongy albite. The mineral assemblage is simple; only small crystals of polychrome tourmaline, white to pink micas, and occasionally pink apatite, were found as accessory phases. Some multicentimetric dissolution cavities have a partially polyhedral shape and are associated with pink tourmaline and micas; they might have originated after petalite or pollucite crystals. In dikes hosted in metabasic rocks, the quartz of the graphic K-feldspar along the walls is occasionally leached, probably by supergene Mg-rich solutions (Černý and Novàk, 1992; P. Černý, pers. comm. 1994).

Dikes with transitional characteristics

Dikes with characteristics transitional between those of the four categories described above are not uncommon. The observed variations are:

(a) Dikes transitional between category 1 and category 2: intrusions with black tourmaline but lacking Li-bearing minerals, and locally with a rough asymmetrical structure; mainly aplitic dikes with irregularly distributed pegmatitic pods and veins, with a few small miarolitic cavities with green to yellow tourmaline.

(b) Dikes transitional between category 2 and category 3. Masses of medium to small size with a large central portion, and small peripheral portions.

(c) Dikes intermediate between group 3 and group 4. Irregularly zoned intrusions, up to 2 meters across, hosted in metabasic rocks, having portions with tourmaline comb texture and with layered aplite, together with rare but highly evolved pockets.

(d) Dikes intermediate between group 1 and 4. Intrusions hosted in the hornfels, close to the granodiorite contact, similar to those of group 4 but without Li-bearing minerals.

Discussion

The zoned pattern of occurrence of dikes

Abundant literature on rare-element-bearing pegmatites reports that differentiation during the evolution of pegmatite magma leads to a progressive enrichment of minor and trace elements such as F, Li, B, Nb, Ta, Rb, Cs, W, Sb, Bi, U, Ce, La, Sn, Be, in residual melt (e.g. Walker *et al.*, 1986; London, 1990). The phenomena related to the progressive differentiation of a pegmatite magma include: changes in composition of minerals such as garnet (from almandine-rich to spessartine-rich; Černý & Hawthorne, 1982), tourmaline (from schorl to elbaite; e.g. Jolliff *et al.*, 1986), and micas from biotite to muscovite to lepidolite (e.g. Hawthorne & Černý, 1982, Černý *et al.*, 1995); increase in Li, Cs and decrease in Fe content in beryl (e.g. Burt, 1982); occurrence of minerals such as pollucite and microlite in the most evolved rocks. Compared to these observations, the four groups of miarolitic Elba pegmatites can be considered products of crystallisation of residual melts with variable degrees of evolution. Residual melts ranged from primitive (pegmatites of group 1) through moderately evolved (pegmatites of group 2) to highly evolved (pegmatites of groups 3 and 4).

Figure 12 qualitatively highlights the zoned pattern of occurrence of the studied pegmatites. Although an overlap is evident, dikes without Li-minerals are mainly hosted in the monzogranite, whereas the others (groups 2, 3, and 4) are distributed at increasing distance, from the centre of the pluton, hosted in the monzogranite, in the aplitic and leucogranitic lenses, and in the hornfels of the thermometamorphic aureole. Similar zoned patterns of pegmatites are well known in the literature (e.g. Trueman and Černý, 1982), even if descriptions of zoned fields of miarolitic dikes are rare. The regional zoning of pegmatites is explained (Černý, 1982b, 1991b, 1992) by differences in the contents of volatile and other liquidus- and viscosity-depressing constituents (Li, F, H_2O, B, P; Luth, 1976; Chorlton and Martin, 1978) among the individual batches of separated pegmatite melts. These differences result in intrusions with variable thermal stability, reflected in diversified distances of pegmatite migration. At Elba, the narrow contact aureole, the presence of abundant aplite and leucogranite apophyses, and the partially convective mechanism of heat transfer (manifested by the presence of irregularly distributed magnesite deposits of thermometamorphic origin in metabasic rocks) generated a steep and irregular heat gradient around the Mt. Capanne pluton that could be responsible for the partial overlapping distribution of the four groups of Elba pegmatites,

Evolutionary characteristics

Based on the mineral parageneses, rock textures and structures of the dikes, the examined Elba pegmatites can be considered members of the *rare-element class* and of the *LCT petrogenetic family* in the current classification of Černý (1991). In addition, the shallow level of intrusion (indicated by the data reported by Ruggeri and Lattanzi (1992) and by the

abundant presence of miarolitic cavities) and some structural features are similar to those of the *miarolitic class* (cf. Černý, 2000, about problems plaguing the definition of this class).

The compositional and textural asymmetric zoning of the dikes of category 2 and 3 are typical of the miarolitic gem-bearing pegmatites of many localities in the world (e.g. Černý, 1982b). In particular, the dikes of the Catri type (category 3), and the central portion of the dikes of category 2, display on small scale rock structures and mineral textures similar to those described by London (1986) and Stern *et al.* (1986) respectively for the Himalaya dike and the Little Three dikes in the San Diego County, California.

The bodies of group 2 are of particular interest. Indeed, whereas variations of accessory phase assemblages are common and well known in the literature on massive pegmatites, the presence of primitive to highly evolved parageneses in the pockets belonging to different zones of one and the same dike is unusual in miarolitic pegmatites. The complex three-dimensional structure of these intrusions documents a complex and heterogeneous internal evolution.

The presence of miarolitic cavities, which constitute evidence of vapour saturation prior to the complete crystallisation of pegmatite-forming melt, appears to be controlled by the timing and extent of volatile exolution from silicate melt (London, 1986). The pocket parageneses reported in this paper document a crystallisation history for the miarolitic cavities of Elba pegmatites similar to that reported for analogous pegmatites from other localities (e.g. Foord *et al.*, 1986; London, 1986; Stern *et al.*, 1986). In particular, the main phenomena observed in the Elba dikes can be summarised as follows: 1) More evolved cavities have a much more complicated pocket paragenesis and history of crystallisation. 2) The first pocket rupture commonly observed in the largest cavities of dikes of group 2 generated an abrupt change in the chemical-physical conditions of crystallisation, testified by new nucleation and new morphology of tourmaline, beryl and mica crystals. 3) The garnet precipitation seems to control at least the Mn content in tourmaline. More evolved pockets show garnet crystallisation at earlier stages. 4) The crystallisation in pockets occurred essentially in a closed system, up to the transition to the hydrothermal zeolite stage. Deviations from this behaviour can occur during the pocket rupture and possibly also during the latest stages of pocket crystallisation, with the escape of significant amounts of fluids. These phenomena are documented by changes in the crystallisation conditions (new nucleation of tourmaline, beryl and micas), by abrupt changes of colours in tourmaline crystals, by the presence of overgrowth of coloured tourmaline in fractures adjacent to the largest pockets, and by the presence of extensive albitisation of K-feldspar along the fractures radiating around the cavities. 5) Albite never occurs as cleavelandite, in contrast to many other similar dikes described in the literature from other localities. 6) Mineral segregation with tourmaline and beryl mainly confined to the roof of the pocket, and lepidolite to the floor, was observed in the largest cavities of the second-category dikes and in almost all the cavities of the dikes of the third category. However, an inverse alkali differentiation, similar to that described by Stern *et al.* (1986) in a California pegmatite, has been observed in some of the largest pockets. 7) The formation of zeolites, together with partial alteration of feldspars, corrosion of petalite, pollucite and other minerals, and deposition of hydrothermal clays, is typical of highly evolved pockets, but is absent in primitive cavities. 8) At least one late hydrothermal stage is associated with a system of late fractures, which locally crosscut the dikes all over the studied area. This widespread process opened the pocket system and generated partial collapse of the crystals, deep corrosion of petalite, pollucite, beryl, and helvite, local corrosion of coloured tourmaline, replacement of zeolites by albite and quartz microcrystals, and a new generation of quartz, albite, K-feldspar, and black tourmaline deposited over all the other minerals. This process is responsible of the black "hat" on tourmaline crystals occurring in some dikes.

Pegmatite - host rock interactions

The exsolution of fluids during the crystallisation of a pegmatitic melt can result in the formation of dispersion halos around the pegmatite intrusions. The alterations of the host rocks are of metasomatic nature and include generation of secondary mineral assemblages and modification of the original composition of primary minerals (e.g. Shearer *et al.*, 1986; Morgan and London, 1987). The influx of fluids from the wall rock to the pegmatite is difficult to ascertain and is not well documented. Some mineralogical and fluid inclusion data indicate that wall-rock-derived fluids may infiltrate pegmatite before the cessation of internal subsolidus recrystallisation (London, 1990).

In the Elba pegmatites, escape of fluids is evident in the dikes of the second and third category (hosted in monzogranite, aplites and leucogranites) by the presence of local tourmalinisation, albitisation of K-feldspar, biotite alteration, and possibly myrmekite growth along contacts. The interactions between pegmatite and wallrock were probably much more important in dikes intruded in the metabasic and metasedimentary rocks. The data reported in this work allow the following considerations: 1) The serpentinites which host pegmatitic dikes are always deeply altered, with abundant magnesite veins, and occasionally narrow feldspatic and tourmaline-rich veins. 2) Pegmatites hosted in sepentinites show tourmaline veins in the exocontact, and an endocontact consisting of micrographic quartz-K-feldspar aggregates. These features are absent in dikes hosted in intrusive rocks. 3) In serpentinites the dikes of category 2 and 3 are rare if not exceptional, whereas the dikes of category 4 are common. In metasedimentary rocks only dikes of the fourth category are present. 4) In pegmatites hosted in metasedimentary rocks, micas and tourmaline can be abundant along the dike margins. 5) The dikes of category 4 are poor in, or totally lacking of miarolitic-cavities. 6) Dikes with primitive mineralogical composition hosted in thermometamorphic rocks (see dikes intermediate between category 1 and 4) display rock structures and mineral textures identical to those of the dikes of category 4.

Conclusions

Restricted as they are in area distribution and in size of individual bodies, the Elba pegmatites display a great variety of structures and complex mineral parageneses. They have been classified into 4 categories with progressive degree of evolution, distinguished on the basis of internal structures, mineral textures, abundance and distribution of rock-forming minerals and accessory phases, tourmaline colour, and pocket parageneses. Across the narrow contact aureole, the dikes have a roughly zoned distribution with more evolved bodies emplaced at farther distance from the margin of the pluton. The internal zoning of the pegmatites richer in miarolitic cavities (groups 2 and 3) is similar to those of many California miarolitic gem-bearing pegmatites, well known in the literature. The pocket parageneses range from simple, in primitive cavities, to complex in highly evolved cavities, with a crystallisation history including mineral segregation, pocket ruptures, probable openings of the chemical-physical system, and late-stage hydrothermal fluids circulation. Dikes emplaced in thermometamorphic rocks probably lost a large amount of the fluids exsolved during the crystallisation the host rocks, and developed an irregular zoning with only occasional miarolitic cavities.

Acknowledgements

I wish to thank the Consiglio Nazionale delle Ricerche (Italy) which permitted the use of the ARL SEMQ electron microprobe, in the laboratories of the Dipartimento di Scienze della Terra of the University of Milano; the Dipartimento di Chimica Strutturale e Stereochimica Inorganica of the University of Milano which permitted SEM analysis. I also acknowledge valuable contributions by the following colleagues: P. Orlandi for some SEM mineral analysis and for encouragement; G. Liborio for some powder X-ray diffraction data, C. Aurisicchio, C.M. Gramaccioli and A. Boriani for profitable discussions. I am also grateful to the mineral collector K. Wirt for much valuable field information. A special thanks goes to P. Černý for encouragement during this study, for inspiring suggestions and for reviewing the manuscript.

References

Aloisi P., 1920 - Il Monte Capanne. *Tipogr. Succ. F. Nistri*, Pisa, 303 pp.

Aurisicchio C., Conte A.M., Fioravanti G. and Freda C., 1992 - Il ruolo delle tormaline nell'evoluzione delle pegmatiti dell'Isola d'Elba. L'appennino settentrionale. *Società Italiana di Mineralogia e Petrologia,* Convegno "Minerogenesi Appenninica", Firenze, 21-23 settembre 1992, Riassunti, 265.

Aurisicchio C., Conte A.M. and Černý P., 1994 - Petrochemical features of igneous rocks in the rare-element pegmatite field of Elba, Italy. *International Mineralogical Association*, 16th General Meeting, Pisa, Italy, Abstracts, 21.

Aurisicchio C., Fioravanti G., Grubessi O. and Zanazzi P.F., 1988 - Reappraisal of the crystal chemistry of beryl. *American Mineralogist*, 73: 826-837.

Aurisicchio C., Orlandi P., Pasero M. and Perchiazzi N., 1993 - Uranopolycrase, the uranium-dominant analogue of polycrase-(y), a new mineral from Elba Island, Italy, and its crystal structure. *European Journal of Mineralogy*, 5: 1161-1165.

Aurisicchio C., Ottolini L. and Pezzotta F., 1999 - Electron- and ion-microprobe analyses, and genetic inferences of tourmalines of the foitite-schorl solid solution, Elba Island (Italy). *European Journal of Mineralogy*, 11: 217-225.

Burt D.M., 1982 - Minerals of beryllium. In: Černý P. (ed.). Short course in granitic pegmatites in science and industry. *Mineralogical association of Canada*, 8: 135-146.

Bussy F., 1990 - Pétrogénèse des enclaves microgrenues associées aux granitoïdes calco-alcalins: exemple des massifs varisques du Mont-Blanc (Alpes occidentales) et miocène du Monte Capanne (Ile d'Elbe, Italie). *Mém. Géol. Lausanne,* 7, 309 pp.

Carobbi G. and Rodolico F., 1976 - Minerali connessi alle rocce dell'arcipelago. In: I minerali della Toscana. *Olshki*, Firenze: 47-76.

Černý P., 1982a - Anatomy and classification of granitic pegmatites. In: Černý P. (ed.). Short course in granitic pegmatites in science and industry. *Mineralogical association of Canada*. 8: 1-40.

Černý P., 1982b - Petrogenesis of granitic pegmatites. In: Černý P. (ed.). Short course in granitic pegmatites in science and industry. *Mineralogical association of Canada*. 8: 405-462.

Černý P., 1991a - Rare-element Granitic Pegmatites. Part I: Anatomy and internal evolution of pegmatite deposits. *Geoscience Canada*, 18: 49-67.

Černý P., 1991a - Rare-element Granitic Pegmatites. Part II: Regional to Global Environments and Petrogenesis. *Geoscience Canada*, 18: 68-81.

Černý P., 1992 - Regional zoning of pegmatite populations and its interpretation. *Vortrag vor der Osterreichischen Mineralogischen Gesellschaft*, 137: 99-107.

Černý P., 2000 - Constitution, Petrology, Affiliations and Categories of Miarolitic Pegmatites. This volume.

Černý P. and Hawthorne F.C., 1982 - Selected peraluminous minerals. In: Černý P. (ed.). Short course in granitic pegmatites in science and industry. *Mineralogical association of Canada*, 8: 163-179.

Černý P. and Novak M., 1992 - Locality No.2: Vezna near Nedvedice, a pegmatite dike of the beryl-columbite subtype penetrating serpentinite. In: Lepidolite 200. International Symposium on the Mineralogy, Petrology and Geochemistry of granitic pegmatites, Field Trip Guidebook. *Nové Mesto na Morave*, Czechoslovakia: 27-32.

Chorlton L.B. and Martin R.F., 1978 - The effect of boron on the granite solidus. *Canadian Mineralogist*, 16: 239-244.

Ferrara G. and Tonarini S., 1985 - Radiometric Geochronology in Tuscany: results and problems. *Rendiconti Società Italiana di Mineralogia e petrologia*, 40: 111-124.

Foord E.E., 1976 - Mineralogy and petrogenesis of layered pegmatite-aplite dikes in the in the Mesa Grande District, San Diego County, California. *Ph.D. thesis, Stanford University*, Stanford, California.

Foord E.E., Starkey H.C. and Taggart Jr. J.E., 1986 - Mineralogy and paragenesis of "pocket" clays and associated minerals in complex granitic pegmatites, San Diego County, California. *American Mineralogist*, 71: 428-439.

Hawthorne F.C. and Černý P., 1992: The mica group. In: Černý P. (ed.). Short course in granitic pegmatites in science and industry. *Mineralogical association of Canada*, 8: 63-91.

Jahns R.H., 1982 - Internal evolution of granitic pegmatites. In Černý P. (ed.). Short course in granitic pegmatites in science and industry. *Mineralogical association of Canada*, 8: 293-328.

Jollif B.L., Papike J.J. and Shearer C.K., 1986 - Tourmaline as a recorder of pegmatite evolution: Bob Ingersoll pegmatite, Black Hills, South Dakota. *American Mineralogist*, 71: 472-500.

Keller V.A. and Pialli G., 1990 - Tectonics of the Island of Elba: a rappraisal. *Bollettino della Società geologica Italiana*, 109: 413-425.

London D., 1986 - Formation of tourmaline-rich gem pockets in miarolitic pegmatites. *American Mineralogist*, 71: 396-405.

London D., 1990 - Internal differentiation of rare-element pegmatites. A synhesis of recent research. *Geological Society of America*, Special Paper 246: 35-49.

London D., 1992 - The application of experimental petrology to the genesis and crystallization of granitic pegmatites. *Canadian Mineralogist*, 30: 499-540.

Luth W.C., 1976 - Granitic rocks. In: D.K. Bailey and R.A. MacDonald Eds. The evolution of the crystalline rocks. *Acad. Press N.Y.*, 484 pp.

Marinelli G., 1959 - Le intrusioni Terziarie dell'Isola d'Elba. *Atti della Società Toscana di Scienze naturali Memorie*, 66: 50-253.

Millosevich F., 1914 - I 5000 Elbani del Museo di Firenze. Contributo alla conoscenza della mineralogia dell'Isola d'Elba. *Studio Editoriale Insubria*, Reprint Milano 1978, 96 pp.

Morgan VI G.B. and London D., 1987 - Alteration of amphibolitic wallrocks around the Tanco rare-element pegmatite, Bernic Lake, Manitoba. *American Mineralogist*, 72: 1097-1121.

Orlandi P., Pasero M., Perchiazzi N., 1990: Nb-Ta oxides from Elba island pegmatites. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem.*, 97: 161-170.

ORLANDI P. and PEZZOTTA F., 1993 - La sekaninaite dei filoni pegmatitici elbani. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem.*, 100: 85-91.

ORLANDI P. and PEZZOTTA F., 1996 - Minerali dell'Isola d'Elba, i minerali dei giacimenti metalliferi dell'Elba orientale e delle pegmatiti del M.te Capanne. *Ed. Novecento Grafico*, Bergamo. 248 pp.

PEZZOTTA F., 1993a - Preliminary data on structure, petrography and mineralogy of two pegmatitic dikes in Isola d'Elba (Italy). Terra abstracts, Abstract supplement No. 1 to Terra Nova, 5, 528 pp.

PEZZOTTA F., 1993b - Osservazioni strutturali, petrografiche e classificative sui filoni aplitico-pegmatitici litiniferi del settore occidentale del M.te Capanne (Isola d'Elba). *Plinius*, 10: 208-209.

PEZZOTTA F., 1994 - Helvite of a M.te Capanne pluton pegmatite (Elba island, Italy): chemical, X-ray diffraction data and description of the occurrence. *Rendiconti Fis. Accademia dei Lincei* s. 9 (5): 355-362.

PEZZOTTA F., HOWTHORNE F., COOPER M. A. and TEERSTRA D., 1996 - Fibrous foitite from S. Piero in Campo, Elba, Italy. *Canadian Minaralogist*, 34, 741-744.

POLI G., MANETTI P. and TOMMASIONI S., 1989 - A petrological review on Miocene-Pliocene intrusive rocks from southern Tuscany and Tyrrhenian sea (Italy). *Periodico di Mineralogia*, 58: 109-126.

PUPIN J.P., 1976 - Signification des caractères morphologiques du zircon commun des roches en pétrologie. Base de la méthode typologique. Applications. *Thèse Doct. Etat, Univ. Nice*, 394 pp.

PUPIN J.P., 1980 - Zircon and Granite Petrology. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 73: 207-220.

RUGGERI G. and LATTANZI L., 1992 - Fluid inclusion studies on Mt. Capanne pegmatites, Isola d'Elba, Tuscany, Italy. *European Journal of Mineralogy*, 4: 1085-1096.

SHEARER C.K., PAPIKE J.J. and LAUL J.C., 1985 - Chemistry of potassium feldspars from three zoned pegmatites, Black Hills, South Dakota: Implications concerning pegmatite evolution. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 49: 663-673.

SHEARER C.K., PAPIKE J.J., SIMON S.B. and LAUL J.C., 1986 - Pegmatite-wallrock interactions, Black Hills, South Dakota: Interactions between pegmatite-derived fluids and quartz-mica schist wallrock. *American Mineralogist*, 71: 518-539.

SINKANKAS J., 1981 - Emerald and Other Beryls. *Chilton Book Co. Nelson Canada, Radnor Pa-Scarborough Ontario*, 225pp.

STERN L.A., BROWN G.E., BIRD D.K., JAHNS R.H., FOORD E.E., SHIGLEY J.E. and SPAULDING Jr. L.B., 1986 - Mineralogy and geochemical evolution of the Little Three pegmatite-aplite layered intrusive, Ramona, California. *American Mineralogist*, 71: 406-427.

TEERSTRA D.K., ČERNÝ P. and HAWTHORNE F.C., 1998 - Rubidium fedlspars in granitic pegmatites. Canadian Mineralogist, 36: 483-496.

TRUEMAN D.L. and ČERNÝ P., 1982 - Exploration for rare-element granitic pegmatites. In: Černý P. (ed.). Short course in granitic pegmatites in science and industry. *Mineralogical association of Canada*, 8: 463-491.

WALKER R.J., HANSON G.N., PAPIKE J.J., O'NEIL J.R. and LAUL J.C., 1986 - Internal evolution of the Tin Mountain pegmatite, Black Hills, South Dakota. *American Mineralogist*, 71: 440-459.

Memorie della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia naturale di Milano
Volume XXX - pp.: 45-56, 2000

Compositional pathways of tourmaline evolution during primary (magmatic) crystallization in complex (Li) pegmatites of the Moldanubicum, Czech Republic

Milan Novák*

Department of Mineralogy and Petrography, Moravian Museum, Zelný trh 6, 659 37 Brno, Czech Republic

Abstract -A comparative study of compositional trends of tourmaline in 16 individual pegmatite dikes of the complex type in the Moldanubicum, Czech Republic, yielded distinct trends characteristic for the individual pegmatite subtypes (lepidolite, elbaite and "masutomilite"). Their formation is discussed in the respect to the following factors: a crystal-chemical factor, geochemical factor, element-partitioning factor and contamination factor. The compositional trends of the Y-site cations, X-site cations and fluorine are illustrated at several diagrams where decreasing (Fe + Mg + Ti) apfu was selected as a suitable index (FMT index) of progressive crystallization (fractionation) in tourmaline.

The trends of the Y-site cations (Ti, Mg, Fe, Zn, Mn, Al) are mostly close to the schematic diagram of cations covariation derived from the cation field strengths. Deviations were found in behaviour of Mn in lepidolite pegmatites and Al in masutomilite pegmatite at Kracovice. Concentration of the Y-site cations seems to be controlled particularly by the crystal-chemical factor and geochemical factor; the element-partitioning factor and contamination factor are very likely less important.

The X-site cations (Na, Ca) and F exhibit contrasting evolution trends in (i) Ca-poor and in (ii) Ca-rich tourmaline (Ca > 0.2 apfu). (i) Two distinct compositional trends were observed in the lepidolite pegmatites and in elbaite pegmatites. Disregarding the pegmatite subtypes, these tourmalines also exhibit very good positive correlation of Na versus F and negative correlation of X-site vacancy versus F. (ii) The compositional trends exhibit a decrease in Ca from the outermost zones to centre; elevated Ca very likely reflects the influence of Ca-rich host rocks. Increase in Ca during the tail-end of primary crystallization indicates high Ca-activity of parent medium in late stages. The concentrations of Ca indicate elevated control of the geochemical factor and contamination factor; the element-partitioning factor and crystal-chemical factor seem to have played an important role particularly in Na and F concentrations of Ca-poor tourmaline.

Riassunto - Uno studio comparato dei trend composizionali delle tormaline in 16 diversi dicchi pegmatitici di tipo complesso della Moldavia, Repubblica Ceca, ha evidenziato trend distinti caratteristici per i diversi subtipi pegmatitici (a lepidolite, elbaite e "masutomilite").La loro formazione c stata discussa in base ai seguenti fattori: fattore cristallo-chimico, fattore geochimico, fattore di ripartizione degli elementi e fattore di contaminazione. I trend composizionali dei cationi del sito Y, dei cationi del sito X e del fluoro sono illustrati in numerosi diagrammi verso la somma (Fe + Mg + Ti) apfu, considerata un indice adatto (indice FMT) ad indicate la progressiva cristallizzazione (frazionamento) nella tormalina. I trend dei cationi del sito Y (Ti, Mg, Fe, Zn, Mn, Al) sono prevalentemente simili ai diagrammi di variazione dei cationi derivati dai valori delle forze di campo. Deviazioni sono state osservate nel comportamento del Mn nelle pegmatiti a lepidolite e dell'Al nelle pegmatiti a masutomilite a Kracovic. Le concentrazioni dei cationi del sito Y sembrano essere particolarmente controllate da fattori cristallochimici e fattori geochimici; i fattori di ripartizione degli elementi e di contaminazione sono molto verosimilmente meno importanti.

I cationi del sito X (Na, Ca) ed il F mostrano andamenti evolutivi contrastanti nelle (i) tormaline povere in Ca e nelle (ii) tormaline ricche in Ca (Ca > 0.2 apfu). (i) Due trend composizionali distinti sono stati osservati nelle pegmatiti a lepidolite e nelle pegmatiti ad elbaite. Indipendentemente dal subtipo della pagmatite, queste tormaline mostrano anche una correlazione positiva molto buona del Na verso il F ed una correlazione negativa della vacanza del sito X verso il F. (ii) I trend composizionali mostrano un decremento del Ca dalle zone periferiche al centro dei filoni; elevati contenuti in Ca, molto probabilmente, riflettono l'influenza di rocce incassanti ricche in questo elemento. Un aumento del Ca durante gli stadi finali della cristallizzazione primaria indica una elevata attivitr del Ca nel mezzo dal quale la tormalina si c formata. I valori di concentrazione del Ca indicano un elevato controllo da parte del fattore geochimico e di contaminazione; il fattore di ripartizione degli elementi e cristallochimico sembrano aver giocato un ruolo importante soprattutto nelle concentrazioni di Na e F nelle tormaline povere in Ca.

Key words: tourmaline, electron microprobe, geochemistry, complex pegmatites, Moldanubicum, Czech Republic

* E-mail: mnovak@sci.muni.cz

Introduction

Compositional variation in tourmaline from complex pegmatites have been studied for several decades. Staatz *et al.* (1955) established systematic compositional trends in tourmaline from the wall zone inward in the Brown Derby pegmatite, Gunnison County, Colorado; the major element variation from outer zone to the core brings an increase in Li concomitant with a decrease in Fe. Foord (1976) corroborated the general compositional trend characterized by increasing Al and Li, and decreasing Fe in layered miarolitic dikes of the Himalaya pegmatite-aplite system, Mesa Grande, California. However, rather complicated, locally even oscillatory zoning was recorded in tourmaline crystals from open vugs. The most detailed study to date, devoted to compositional evolution of tourmaline in complex pegmatites - the lepidolite pegmatite Bob Ingersol I, Black Hills, South Dakota (Jolliff *et al.* 1986) - showed: Mg and Ti decreasing abruptly from the country rock through border zone to the wall zone; Fe decresing and (Al+Li) increasing from the wall zone to the core; and the minor elements Mn, Zn and Ca generally increase toward the core. Novák and Povondra (1995) recognized apparent differences in compositional trends of tourmaline within the pegmatites of the lepidolite and elbaite subtype, respectively. The compositional trends of major elements are in most aspects similar to those described by Foord (1976) and Jolliff *et al.* (1986); however, elbaite and rare liddicoatite from pegmatites of the elbaite subtype appears to be Mn,F-rich and exhibits relatively low vacancies in the X-site relative to Mn-poor elbaite and rare rossmanite from lepidolite pegmatites (Novák and Povondra 1995, Novák *et al.* 1997, Selway *et al.* 1998, 1999).

A comparative study of compositional variations in tourmaline from 16 individual pegmatite dikes of the complex type in the Moldanubicum, Czech Republic found out several distinct trends typical for the individual pegmatite subtypes. Their formation is discussed in the respect to various factors controlling tourmaline composition. Compositional trends also were compared with the schematic covariation of Y-site cations in tourmaline, given by Jolliff *et al.* (1986). Late hydrothermal tourmaline from fissures and fissure-like pockets (Novák & Taylor 1996, Novák 1996, Novák & Selway 1997) are not included in discussion and diagrams.

Complex pegmatites of the Moldanubicum

Granitic pegmatites, typically tourmaline-bearing, are widespread particularly within the metamorphic terraine of the Moldanubicum, Czech Republic (Fig. 1) (Novák *et al.* 1992). Following subtypes of complex pegmatites (LCT family), mostly consistent with the currently used subdivision of pegmatites of the rare-element class (Černý 1991, Novák and Povondra 1995), can be distinguished:

(i) Pegmatites of the lepidolite subtype are the most widespread and most variable. Disregarding lepidolite (abundant trilithionite to minor polylithionite) as a dominant Li-bearing mineral, elbaite and rare rossmanite are commonly present in

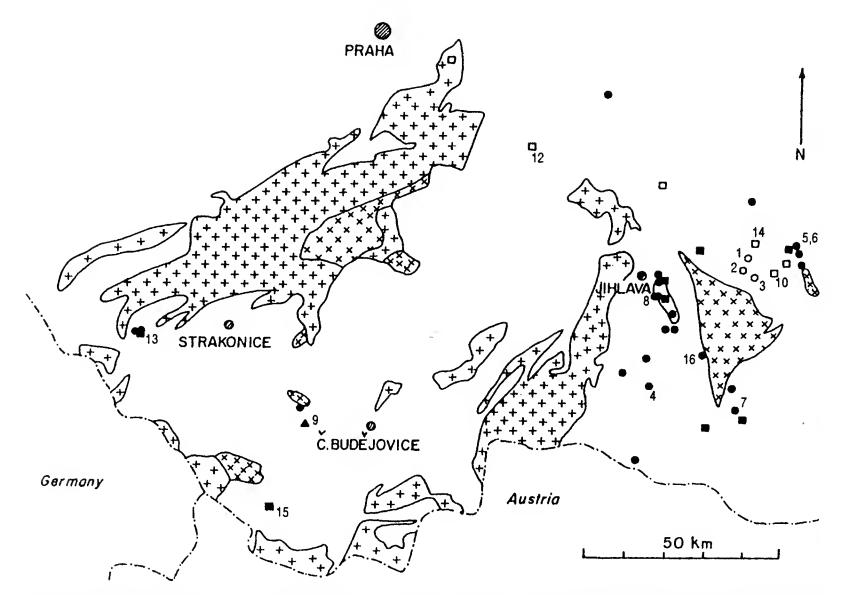



Fig. 1. Schematic geological map showing distribution of complex pegmatites in the Moldanubicum. Crosses - granitic rocks, x - syenitic rocks, open area - metamorphic rocks; Locality symbols: squares - elbaite pegmatites; circles - lepidolite pegmatites; triangle - lepidolite-petalite pegmatite. The localities numbered as in Table 1.

subordinate to accessory amount; petalite and amblygonite-montebrasite are rare (Novák and Povondra 1995, Selway *et al.*, 1999). Other typical minor to accessory minerals include schorl, foitite, garnet, beryl, cassiterite, manganocolumbite, apatite, zircon, and topaz. A transitional petalite-lepidolite subtype seems to be represented by the locality Nová Ves near Český Krumlov (Staněk 1992).

(ii) Pegmatites of the elbaite subtype are relatively widespread (Novák and Povondra 1995). Elbaite (liddicoatite), the most abundant and locally even the only Li-bearing mineral, predominates over rare lepidolite (typically polylithionite), muscovite is mostly absent or very rare. Besides minor to accessory schorl, garnet, beryl, cassiterite, manganocolumbite and zircon, some B-rich minerals such as hambergite, tusionite and boromuscovite also occur (e.g., Cooper *et al.* 1994, Novák *et al.* 1998, 1999).

(iii) Pegmatite from Kracovice near Třebíč is characterized by masutomilite to Mn-rich lepidolite as typical Li-bearing minerals beside relatively rare Mn-rich elbaite. It does not fit well to the divided pegmatite subtypes. The locality exhibits some exceptional features relative to the other Moldanubian complex pegmatites, absence of muscovite, very abundant topaz, accessory minerals such as euxenite, wolframoixiolite, pyrochlore, scheelite, and F-rich hambergite (Novák *et al.* 1998). Mineral assemblages, chemistry of micas (zinnwaldite, masutomilite) and spatial relations to rare-earth beryl-bearing pegmatites with relatively abundant REE-oxide minerals (aeschynite) in the Třebíč vicinity indicate that the Kracovice pegmatite may be transitional to or belong to the NYF family.

Two distinct patterns of internal structure of the complex pegmatites were recognized in the Moldanubicum disregarding pegmatite subtypes outlined above. Symmetrically or almost symmetrically zoned pegmatite dikes (all lepidolite pegmatites, masutomilite pegmatite from Kracovice and some elbaite pegmatites) are evidently more widespread, than homogeneous to subhomogeneous elbaite pegmatites typically hosted in Ca-rich rocks (marbles, Fe-skarn, pyroxene gneiss).

Localities, samples, experimental conditions and normalization procedure

Tourmaline was studied at 16 pegmatite dikes (Fig. 1). Principal data concerning pegmatite subtype, mineral paragenesis, internal structure, size, and host rock are given in Table 1. At each locality, tourmaline grains (14 to 5) from all or almost all textural-paragenetic units (1 to 5 grains per unit) were analyzed on an electron microprobe. No apparent hiatus in tourmaline crystallization known from complex pegmatites (London *et al.* 1996) was observed in most localities. The following examples of pegmatites of the individual pegmatite subtypes, with various internal structure and host rock, were selected to illustrate typical compositional pathways. The symmetrically zoned pegmatite dikes from 1 to 3 m thick hosted in biotite gneiss: (i) the lepidolite pegmatite from Laštovičky, (ii) elbaite pegmatite from Pikárec, (iii) masutomilite pegmatite from Kracovice; and (iv) subhomogeneous dike of the elbaite pegmatite from Vlastějovice hosted in Fe-skarn. A detailed description of these pegmatite dikes and their mineral paragenesis is given by Staněk (1973), Houzar (1987), Němec (1990), Novák and Hyršl (1992) and Novák and Povondra (1995).

Electron microprobe analyses were carried out in the WDS (wavelength-dispersive) mode on a Cameca SX-50 instrument, Department of Geological Sciences, University of Manitoba, Winnipeg, with a beam diameter 4-5 mm, accelerating potential 15 kV. A sample current 20 mA was used for Si, Al, Ti, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, and K, the current of 40 mA for Zn, F and P; a counting time for all elements 20 seconds. The following standards were used for K_a X-ray lines: Si, Ca - diopside, Al - kyanite, Fe - fayalite, Ti - rutile, Mg - pyrope, Mn - spessartine, Na - albite, K - orthoclase, P, F - apatite and Zn - gahnite. Data were reduced using the PAP routine (Pouchou and Pichoir 1985).

The chemical formulae from microprobe data used in the diagrams and tables were normalized at 6 Si apfu, as was used by Jolliff *et al.* (1986). However, the trivalent cations Al and perhaps B may enter the T-site of the tourmaline structure (Burns *et al.* 1994, Hawthorne 1996) and their presence in the T-site causes overestimation of Al in such calculation. The accurate formula calculation for tourmaline minerals recommended by Grice and Ercit (1993) or other formula calculations from microprobe data (e.g., Manning 1982, Morgan and London 1987, Henry and Dutrow 1990, 1996, Selway and Novák 1997) were not used due to: (1) undetermined H_2O, Li_2O and B_2O_3 contents, (2) highly variable lithium content in the investigated tourmalines, (3) lack of structural data. The used style of recalculation also is supported by relatively negligible deviations from 6 Si apfu (5.84 - 6.21) found by Povondra (1981), Povondra *et al.* (1985), Staněk and Povondra (1987) and Novák and Povondra (1995) in the wet chemical analyses of tourmaline from the Moldanubian rare element pegmatites.

Decreasing sum of Fe + Mg + Ti atoms per formula unit (apfu) was selected as a suitable index (FMT index) of progressive crystallization in tourmaline. The contents of these elements should decrease during crystallization, as suggested by Foit and Rosenberg (1979) and Jolliff *et al.* (1986), and thus reflect degree of fractionation.

Chemical composition of tourmaline and compositional pathways are controlled by several factors due to continuously changing PT conditions, extreme geochemical evolution of parent medium (evolved pegmatite melt ± vapour) in complex pegmatites (London 1996) relative to most magmatic and metamorphic rocks, and variable chemical composition of host rocks. In order to simplify the below discussion, following factors were defined: (i) a crystal-chemical factor involves crystal-chemical constraints (Hawthorne 1996) mostly controlled by decreasing temperature; (ii) geochemical factor corresponds to increasing degree of fractionation and alkalinity variation of pegmatitic melt (London *et al.* 1989); (iii) element-partitioning factor characterizes influence of co-crystallizing minerals, particularly micas and garnets; (iv) contamination factor reflects chemical composition of a pegmatite host rock. However, it must be emphasized that the effects of the individual factors are mostly combined and, moreover, the definitions of the individual factors given above are mostly rather wide.

Table 1 - List of examined pegmatites. * - localities illustrated in the figures 2 - 5; subtype - L-lepidolite, PL-transitional lepidolite-petalite, E-elbaite, Ma-masutomilite; micas - M-muscovite, L-lepidolite, Ma-masutomilite; zonality - Z-zonal, H-subhomogeneous to homogeneous.

Locality	Subtype	Micas	Zonality	Thickness (m)	Host rock
1 Laštovičky*	L	M>L	Z	1	gneiss
2 Dolní Bory	L	M>L	Z	4	gneiss
3 Dobrá Voda	L	M>L	Z	8	amphibolite
4 Krasonice	L	M>L	Z	2	calcite marble
5 Rožná-Hradisko	L	M>L	Z	30	gneiss
6 Rožná-Borovina	L	M>L	Z	12	gneiss
7 Radkovice	L	L>M	Z	2	serpentinite
8 Puklice I	L	L>M	Z	2	gneiss
9 Nová Ves	PL	M>L	Z	8	serpentinite
10 Pikárec*	E	L>M	Z	3	gneiss
11 Ctidružice	E	L>M	Z	2	gneiss
12 Vlastějovice*	E	-	H	1	Fe-skarn
13 Sušice III	E	-	H	2	dolomite marble
14 Rečice	E	L	H	2	pyroxene gneiss
15 Bližná	E	-	H	4	dolomite marble
16 Kracovice*	Ma	L>Ma	Z	2	gneiss

Results

Compositional variations in tourmaline from individual pegmatite subtypes outlined above are illustrated on figures 2 through 5 and representative compositions are given in tables 2 through 5. Variation of nine elements: Ti, Mg, Fe, Zn, Mn and Al as major to minor Y-site cations; Na and Ca as major to minor X-site cations; and F in the O(1) site are discussed in detail.

Y-site cations

These elements are discussed in the order of decreasing cation field strength, as shown by Jolliff *et al.* (1986).

Titanium and Mg behave in a very similar way. Their concentration commonly drop abruptly from tourmaline in the outermost unit (tourmaline locally associated with or replaced biotite) to concentrations below the detection limit (Fig. 2, 5a).

Iron concentration slightly increases from Mg-enriched schorl to foitite in the outermost unit and then decreases gradually to Fe-free tourmaline in the end of primary (magmatic) pegmatite crystallization at most localities (Fig. 3, 5b).

Zinc as a typical trace element in tourmaline exhibits very similar behaviour at almost all localities, disregarding their subtype, internal structure, mineral assemblage of tourmaline and host rock of pegmatite (Fig. 2, 5a). Initial low concentrations increase in the 1.4-0.7 range of the FMT index up to about 0.1 Zn apfu, and then fall off.

Variations in Mn versus the FMT index display distinct patterns depending on the individual pegmatite subtypes (Fig. 3, 5b). In the lepidolite pegmatites, Mn is low throughout the pegmatite crystallization (Fig. 3a), only some localities display a rather exceptional increase up to 0.5 apfu at the FMT index of about 0.7 to 0 (Puklice I, Radkovice, Rožná-Hradisko, Rožná-Borovina). Elbaite pegmatites are characterized by significant increase in Mn during

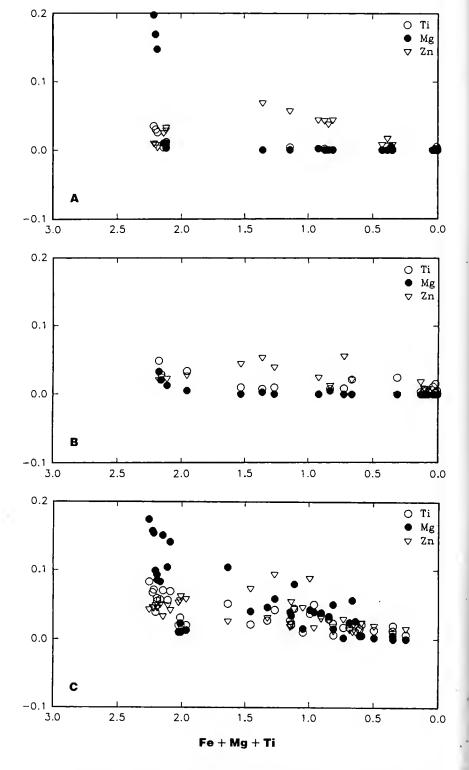



Fig. 2. Variation in concentrations of Ti, Mg and Zn per formula unit versus the FMT index. A - Lastovičky, B - Pikárec, C - Kracovice.

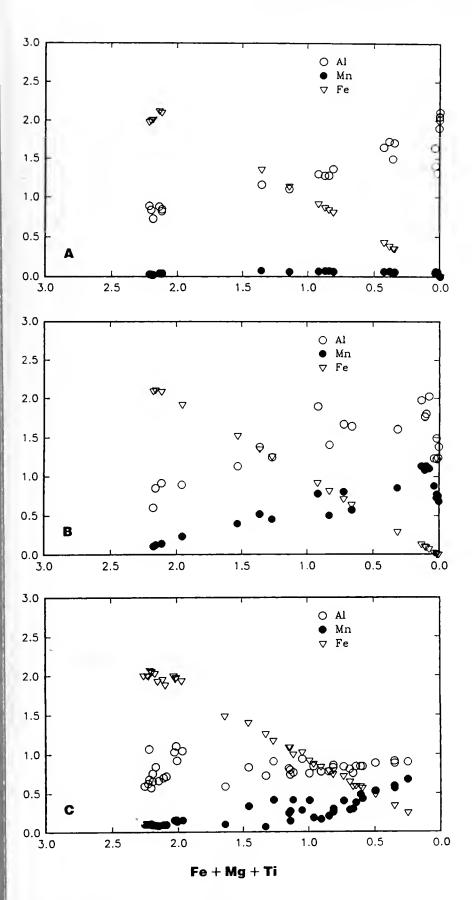



Fig. 3. Variation in concentrations of Fe, Mn, and Al per formula unit versus the FMT index. The same localities as in Fig. 2. Triangles (Fe) below imaginary line connecting sum (Fe + Mg + Ti) = 0 and sum Y-cations = 3 indicate Mg and Ti amount, increased particularly in early stages.

pegmatite crystallization up to 1.1 apfu (Pikárec); a decrease in Mn is locally recorded at the end of crystallization (Fig. 3b, 5b). Manganese behaviour in the masutomilite pegmatite from Kracovice is very similar to those observed in elbaite pegmatites (Fig. 3c).

Among the other Y-site cations, Al exhibits a rather complicated evolution trend. Decrease in the FMT index is concomitant with increase in Al in both lepidolite and elbaite pegmatites; however, details of the trends are quite different, particularly in the real values of Al apfu in the lepidolite pegmatites. The Al-contents in the Y-site (Z-site is proposed to be fully occupied by Al) varies from 0.5 to 2.2 apfu, and there is a significant variation from 1.5 to 2.2 apfu for Fe-free tourmaline with the FMT index values of about 0 (Fig. 3a). The pathway of the Al variation is relatively regular. Behaviour of Al in tourmaline from elbaite pegmatites is quite similar to those in lepidolite pegmatites except Vlastějovice where Al varies over a much broader range from -1.3 to 2.2 Al apfu (negative value corresponds to low Al content, when 1.3 apfu in the Z-site is occupied by other transitional elements - Fe^{3+}, Fe^{2+} and/or Mg) (Fig. 5b). Significant variation from 1.3 to 2.2 Al for the FMT index close to 0 is also found. The range is very likely smaller due to overestimation of Al during formula normalization on 6 Si. The behaviour of Al in tourmaline from the masutomilite pegmatite in Kracovice is in a conspicuous contrast to those from all other studied pegmatites, either lepidolite or elbaite subtype. It varies from 0.5 to 1.1 Al apfu and is rather constant through the variation in the FMT index (Fig. 3c).

X-site cations

The X-site is occupied by Na and Ca; however, significant vacancies also are recorded (Povondra 1981, MacDonald *et al.* 1993, Novák and Povondra 1995, Novák and Selway 1997, Selway *et al.* 1998, 1999); K is mostly below the detection limit. Distinctly differ-

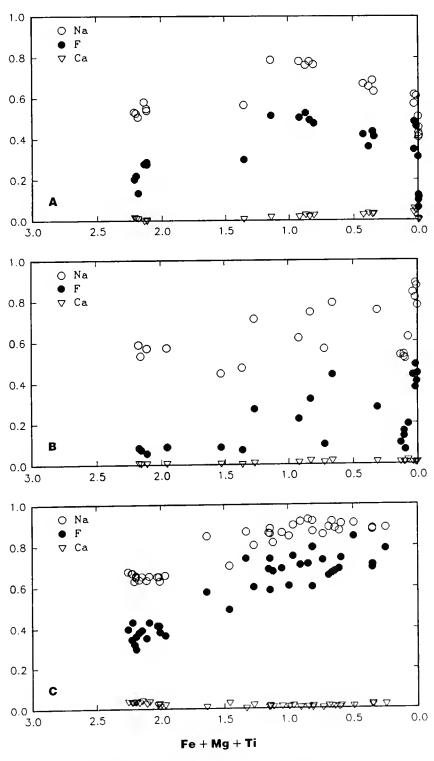



Fig. 4. Variation in concentrations of Na, Ca and F per formula unit versus the FMT index. The same localities as in Fig. 2.

Table 2 - Representative compositions of tourmaline from the zoned lepidolite pegmatite Laštovičky.

	106	201	415	309	312	310	723	619	620
SiO_2	34.75	35.17	36.17	36.36	37.28	37.29	39.01	38.79	38.37
P_2O_5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.03	0.03	0.04
TiO_2	0.27	0.09	0.00	0.02	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00
Al_2O_3	33.85	34.05	36.60	37.41	40.32	40.66	40.32	44.16	44.01
FeO_{tot}	13.71	14.73	9.76	6.28	3.17	2.58	0.15	0.02	0.00
MnO	0.18	0.25	0.52	0.48	0.44	0.40	0.42	0.03	0.01
MgO	0.77	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.08	0.26	0.56	0.35	0.07	0.07	0.01	0.01	0.00
CaO	0.09	0.00	0.04	0.15	0.16	0.19	0.30	0.01	0.00
Na_2O	1.59	1.63	1.76	2.38	2.15	2.03	2.05	1.43	1.38
K_2O	0.07	0.03	0.01	0.02	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01
F	0.37	0.51	0.57	1.01	0.83	0.81	0.95	0.20	0.23
O=F	-0.16	-0.21	-0.24	-0.43	-0.35	-0.34	-0.40	-0.08	-0.10
Total	85.57	86.52	85.75	84.03	84.07	83.77	82.87	84.61	83.95
Si	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
P	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.004	0.004	0.005
Ti	0.035	0.012	0.000	0.002	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000
Al	6.888	6.846	7.155	7.276	7.648	7.710	7.309	8.050	8.111
Fe^{2+}	1.980	2.102	1.354	0.867	0.427	0.347	0.019	0.003	0.000
Mn	0.026	0.036	0.073	0.067	0.060	0.055	0.055	0.004	0.001
Mg	0.198	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.010	0.033	0.069	0.043	0.008	0.008	0.001	0.001	0.000
Ca	0.017	0.000	0.007	0.027	0.028	0.033	0.049	0.002	0.000
Na	0.532	0.539	0.566	0.761	0.671	0.633	0.611	0.429	0.418
K	0.015	0.007	0.002	0.004	0.000	0.004	0.002	0.002	0.002
F^-	0.202	0.275	0.299	0.527	0.422	0.412	0.462	0.098	0.114
O^{2-}	24.806	24.601	24.371	24.041	24.119	24.141	23.178	24.261	24.334
Catsum	15.702	15.576	15.226	15.047	14.842	14.799	14.053	14.494	14.538
Ansum	25.008	24.876	24.670	24.568	24.541	24.553	23.640	24.359	24.448

ent patterns of Na variation were observed in the individual pegmatite subtypes. All lepidolite pegmatites exhibit an increase of Na values, ranging from 0.4 to 0.6 apfu in schorl to foitite of the outermost textural-paragenetic unit up to about 0.8 apfu in Fe-rich elbaite with the FMT index close to 1, followed by apparent Na decrease at 0.6 to 0.4 apfu in elbaite to rossmanite at the end of crystallization with the FMT index close to 0 (Fig. 4a). Elbaite pegmatites, although fairly consistent in compositional evolution of the Y-site cations, display two distinct trends of the X-site cations. Calcium-poor tourmalines from zoned pegmatites are characterized by gradual Na increase from 0.4 to 0.85 apfu during crystallization (Fig 4b). Tourmalines with high Ca-content (Ca > 0.2 apfu, locally Ca > Na in the Bližná and Rečice localities) from mostly homogeneous pegmatites show constant Na at about 0.6 apfu throughout the crystallization, but slight to abrupt decrease is recorded at the end of crystallization at Vlastějovice (Fig. 5c) and Bližná (Novák *et al.* 1997). The masutomilite pegmatite at Kracovice exhibits relatively high Na in tourmaline, ranging from 0.6 up to 0.93 apfu at the end of crystallization (Fig. 4c).

In most pegmatites characterized by Ca-poor tourmalines, Ca occurs mostly in very low concentrations throughout the pegmatite crystallization, and only slight increase is recorded in late stages. In elbaite pegmatites with Ca-rich tourmalines, the relatively high Ca concentrations abruptly decrease in early tourmaline, and then Ca abruptly increases in the tail-end of primary crystallization (Fig. 5c) (Novák *et al.* 1997).

Fluorine

Fluorine varies in a wide range; very low contents of about 0.0 to 0.2 apfu F were found in early crystallized schorl to foitite from outermost situated pegmatite units of lepidolite pegmatites and in relatively late Fe-poor elbaite to rossmanite in lepidolite-rich units. Highest contents of F are typical for Fe-rich elbaite in lepidolite pegmatites and Mn-rich elbaite in elbaite pegmatites. Very high F-contents up to 0.85 apfu were found particularly in elbaite from the masutomilite pegmatite at Kracovice (Fig. 4c), relative to the tourmaline (schorl to elbaite) from other complex pegmatites (Chaudhry and Howie 1976, Sahama *et al.* 1979, Povondra *et al.* 1985, Jolliff *et al.* 1986, Novák and Selway 1997, Selway *et al.*, 1999).

Fluorine exhibits evolution trend remarkably sim-

Table 3 - Representative compositions of tourmaline from the zoned elbaite pegmatite Pikárec.

	144	246	350	248	452	556	660	661	766
SiO_2	35.13	34.82	34.44	34.20	34.94	35.57	34.86	35.53	37.05
P_2O_5	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.03	0.00
TiO_2	0.38	0.26	0.06	0.00	0.17	0.20	0.03	0.04	0.05
Al_2O_3	32.80	33.96	35.94	38.16	37.76	38.25	39.32	39.19	37.94
FeO_{tot}	14.66	13.31	9.28	6.26	4.45	2.06	0.91	0.67	0.02
MnO	0.75	1.62	3.52	5.24	3.92	6.02	7.77	7.93	5.45
MgO	0.13	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.17	0.22	0.42	0.19	0.17	0.00	0.15	0.07	0.02
CaO	0.05	0.04	0.01	0.05	0.10	0.07	0.06	0.06	0.04
Na_2O	1.77	1.71	1.40	1.81	2.37	2.30	1.60	1.58	2.78
K_2O	0.03	0.04	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02
F	0.15	0.16	0.13	0.40	0.81	0.52	0.19	0.13	0.79
O=F	-0.06	-0.07	-0.05	-0.17	-0.34	-0.22	-0.08	-0.05	-0.33
Total	85.96	86.12	85.19	86.17	84.38	84.83	84.83	85.21	83.83
Si	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
P	0.000	0.004	0.000	0.001	0.000	0.006	0.000	0.004	0.000
Ti	0.049	0.034	0.008	0.000	0.022	0.025	0.004	0.005	0.006
Al	6.602	6.897	7.379	7.890	7.642	7.604	7.976	7.800	7.241
Fe^{2+}	2.094	1.918	1.352	0.918	0.639	0.291	0.131	0.095	0.003
Mn	0.108	0.236	0.519	0.779	0.570	0.860	1.133	1.134	0.748
Mg	0.033	0.005	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.021	0.028	0.054	0.025	0.022	0.000	0.019	0.009	0.002
Ca	0.009	0.007	0.002	0.009	0.018	0.013	0.011	0.011	0.007
Na	0.586	0.571	0.473	0.616	0.789	0.752	0.534	0.517	0.873
K	0.007	0.009	0.007	0.004	0.007	0.004	0.004	0.006	0.004
F^-	0.081	0.087	0.072	0.222	0.440	0.277	0.103	0.069	0.405
O^{2-}	24.523	24.865	25.219	25.769	24.934	24.874	25.483	25.196	23.870
Catsum	15.510	15.710	15.797	16.243	15.709	15.555	15.812	15.581	14.884
Ansum	24.604	24.952	25.290	25.991	25.374	25.152	25.587	25.266	24.275

ilar to that of Na in the X-site of Ca-poor tourmalines (Fig. 4); very good positive correlations Na versus F and negative correlation X-site vacancy versus F were recorded. In Ca-rich tourmalines, F commonly increases during crystallization (Fig. 5c).

Discussion

In order to discuss the compositional trends in tourmaline throughout the pegmatite crystallization in distinct pegmatite subtypes, the trends were compared with the schematic covariation of Y-site cations in tourmaline, published by Jolliff *et al.* (1986) (Fig. 6). Results of the comparison as well as a discussion of the controlling factors are given in the sequence: Y-site cations in the order of decreasing field strength, X-site cations and fluorine.

Y-site cations

1. Titanium and Mg drop abruptly from tourmaline in the outermost unit inwards, as observed in other complex pegmatites (e.g., Foord 1976, Jolliff *et al.* 1986, Aurisicchio and Freda 1992), and as corresponds to the schematic evolution of Ti and Mg (Fig. 6). However, in most elbaite pegmatites with homogeneous or subhomogeneous internal structure and Ca-rich tourmalines (e.g., Bližná; Novák *et al.* 1997), and in the masutomilite pegmatite in Kracovice, Mg and locally also Ti maintain relatively high concentrations throughout the crystallization, despite a gradual decrease (Fig. 2c, 5a). Most of these pegmatites are hosted by Ca, Mg-rich rocks (dolomite marble, pyroxene gneiss); thus a weak influx of Mg from the host rock into pegmatite during its crystallization seems to be an explanation. However, increased Ti concentration in tourmaline from the Bližná pegmatite (Novák *et al.* 1997) penetrating dolomite-calcite marble with graphite and elevated Mg in tourmaline from Kracovice enclosed in gneiss are not explained sufficiently.

2. Iron slightly increases from tourmaline in the outermost unit inwards, then decreases to the centre. Thus, covariations of Fe and other Y-site cations are very close to the schematic (see Fig. 6) and to those described from other localities (e.g., Jolliff *et al.* 1986). Because Fe is the dominant element in the calculated FMT index, the discussion of Fe behaviour in detail is fairly limited.

3. Low concentrations of Zn were found in early-

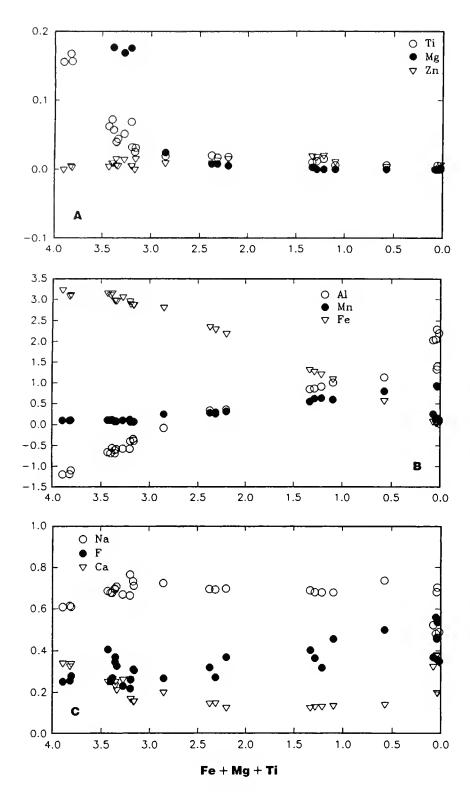



Fig. 5. Variation in concentrations of the Y-site and X-site cations and fluorine versus the FMT index in elbaite pegmatite from Vlastějovice. Missing points in the diagram A vary from 0.57 to 0.22 apfu Mg.

crystallized tourmaline from almost all pegmatites, disregarding their subtype, internal structure and host rock. Zinc increases slightly in Fe-rich elbaite, then fall off (Fig. 2). This trend is very close to the schematic one (Fig. 6).

4. Behaviour of Mn exhibits two evidently distinct trends. Mostly very low Mn concentrations are found in lepidolite pegmatites; however, minor increase in the end of crystallization is locally recorded. Manganese generally increases during crystallization in elbaite pegmatites and in the masutomilite pegmatite from Kracovice; some localities, however, display abrupt decrease of Mn in the tail-end of crystallization (Fig. 3b, 5b). Such trend is very similar to the schematic pattern (Fig. 6), and it was found in other elbaite pegmatites (e.g., Zagorskyi and Peretyazhko 1992, Aurisicchio and Freda 1992, Novák and Povondra 1995, Novák *et al.* 1997). In lepidolite pegmatites, a cation partitioning with abundant co-crystallizing muscovite and lepidolite may result in dominant Mn-poor tourmalines. However, muscovite is also an indicator of elevated acidity (Burt 1981, London 1982, Gordeenko and Ponomarova 1988). Hence, the acid-

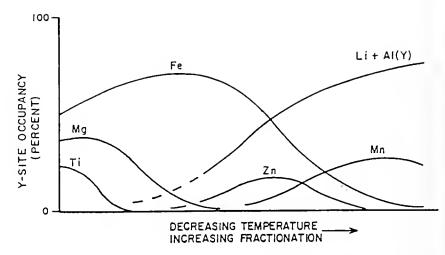



Fig. 6. Schematic illustration of ideal covariation of Y-site cations of tourmaline in response to decreasing temperature and increasing fractionation of melt (Jolliff *et al.* 1986).

ity-alkalinity of a parent medium, which appears to be different in lepidolite and elbaite pegmatites (Němec and Povondra 1993, Novák and Povondra 1995), may have played an important role. Garnet (spessartine-almandine), which locally occurs in pegmatites along with tourmaline (Němec 1983, 1990), exhibits increased Mn contents in elbaite pegmatites relative to lepidolite ones (Novák and Povondra 1995). It is not clear whether this fact indicates increased overall activity of Mn in this particular pegmatite subtype or crystallization of abundant micas (muscovite, lepidolite) in lepidolite pegmatites depressed activity of Mn in melt. However, the controlling role of garnet seems to be limited, because similar compositional trends and concentrations of Mn are found in tourmaline from both garnet-rich pegmatites (Pikárec, elbaite with up to 7.93 wt.% MnO) and garnet-free elbaite pegmatites (Vlastějovice, elbaite with up to 6.60 wt.% MnO). These observations are in a contrast with those found in elbaite pegmatites from the Elba Island by Aurisicchio and Pezzotta (1997); where the Mn contents in elbaite from pockets associated with spessartine-rich garnet are evidently depressed relative to those from garnet-free pockets.

5. Variations in Al characterized by a general increase throughout crystallization are consistent with all other published data (Foord 1976, Sahama *et al.* 1979, Jolliff *et al.* 1986, 1987, Němec 1989, Aurisicchio and Freda 1992, Novák and Povondra 1995), and the schematic covariation model (Fig. 6), too. A wide range of Al concentrations in Fe-free tourmalines was found in lepidolite pegmatites (Novák and Povondra 1995, Novák and Selway 1997, Selway *et al.*, 1999), and also in some elbaite pegmatites (Fig. 3b). It indicates, that in the Fe-depleted end of the primary crystallization, the trend emerges toward Fe-free, Al-rich tourmaline components. In the elbaite pegmatites with Ca-rich tourmaline, the Al increase may result from an increase of the olenite component. In lepidolite pegmatites, Fe-free elbaite is characterized by high rossmanite component, which may locally predominate over the elbaite component (Rožná-Hradisko, Laštovičky; Novák and Selway 1997, Selway *et al.*, 1998, 1999) (Fig. 3a). It is not clear, whether the increase of the rossmanite component is controlled by crystal-chemical constraints (Hawthorne 1996), cation partitioning (Li, Al) with associated lepidolite or some other factors.

The Al concentrations in tourmaline from the masutomilite pegmatite at Kracovice are relatively con-

Table 4 - Representative compositions of tourmaline from the zoned masutomilite pegmatite Kracovice.

	215	110	537	218	220	222	431	432	430
SiO_2	35.11	34.40	36.00	36.35	36.91	37.55	37.03	37.61	37.33
P_2O_5	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
TiO_2	0.30	0.15	0.17	0.16	0.05	0.18	0.11	0.16	0.05
Al_2O_3	32.64	34.26	34.76	34.92	35.78	36.32	36.04	36.61	36.42
FeO_{tot}	14.48	13.26	10.02	7.87	5.81	4.44	3.55	2.49	1.82
MnO	0.74	1.03	2.32	1.91	2.14	2.77	3.84	4.18	4.95
MgO	0.39	0.05	0.16	0.14	0.06	0.11	0.01	0.00	0.00
ZnO	0.39	0.45	0.59	0.19	0.10	0.09	0.16	0.05	0.13
CaO	0.20	0.11	0.17	0.09	0.08	0.06	0.07	0.14	0.12
Na_2O	1.90	1.95	2.18	2.68	2.76	2.86	2.90	2.86	2.85
K_2O	0.06	0.06	0.06	0.03	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01
F	0.59	0.66	0.93	1.12	1.17	1.34	1.65	1.41	1.55
O=F	-0.25	-0.28	-0.39	-0.47	-0.49	-0.56	-0.69	-0.59	-0.65
Total	86.56	86.12	86.97	84.99	84.38	85.17	84.70	84.94	84.61
Si	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
P	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004
Ti	0.039	0.020	0.021	0.020	0.006	0.022	0.013	0.019	0.006
Al	6.574	7.043	6.828	6.793	6.855	6.840	6.882	6.883	6.899
Fe^{2+}	2.069	1.934	1.397	1.086	0.790	0.593	0.481	0.332	0.245
Mn	0.107	0.152	0.328	0.267	0.295	0.375	0.527	0.565	0.674
Mg	0.099	0.013	0.040	0.034	0.015	0.026	0.002	0.000	0.000
Zn	0.049	0.058	0.073	0.023	0.012	0.011	0.019	0.006	0.015
Ca	0.037	0.021	0.030	0.016	0.014	0.010	0.012	0.024	0.021
Na	0.630	0.659	0.704	0.858	0.870	0.886	0.911	0.885	0.888
K	0.013	0.013	0.013	0.006	0.002	0.002	0.006	0.004	0.002
F^-	0.319	0.364	0.490	0.585	0.602	0.677	0.846	0.711	0.788
O^{2-}	24.465	24.943	24.265	23.796	23.555	23.424	23.428	23.379	23.377
Catsum	15.618	15.916	15.433	15.104	14.858	14.765	14.855	14.718	14.754
Ansum	24.784	25.307	24.902	24.381	24.355	23.998	24.274	24.090	24.165

stant throughout pegmatite crystallization. It is in a conspicuous contrast with all data published to date (e.g., Staatz *et al.* 1955, Foord 1976, Sahama *et al.* 1979, Povondra *et al.* 1985, Jolliff *et al.* 1986, Zagorskyi and Peretyazhko 1992, Aurisicchio and Freda 1992, Novák and Povondra 1995, Novák and Selway 1997) with the exception of elbaite pegmatite Belo Horizonte No.1, Peninsular Ranges Batholith, southern California (Taylor *et al.* 1997). Perhaps some specific compositional characteristics of the parent medium, such as very high activity of F (abundant topaz, relatively common F-rich hambergite), high activity of B (F-rich hambergite), and/or increased alkalinity (absence of muscovite, presence of zinnwaldite-masutomilite micas, abundance of F-rich hambergite) may have generated nearly constant Al contents - a unique compositional trend in tourmaline from complex pegmatites.

A comparison of schematic covariations on the Y-site cations based on the field strength calculations (Jolliff *et al.* 1986), and actual variations in the individual pegmatite subtypes described in this work, yielded remarkable similarities in the evolution of Ti, Mg, Fe, Zn and mostly also of Mn and Al. This observation may indicate that the crystal-chemical factor in combination with the geochemical factor is the most important to control tourmaline composition during primary crystallization. Some difference in evolution of Mn from the theoretical schematic model found in lepidolite pegmatites seems to be controlled by (i) a element-partitioning among simultaneously crystallized phases, when mica (muscovite and lepidolite) buffers Mn-activity to a low level, or (ii) increased acidity of a parent medium indicated by abundant muscovite and trilithionite (Gordeenko and Ponomareva 1988). Behaviour of Al is generally consistent with the schematic model (Fig. 6). The almost constant concentrations of Al in tourmaline throughout crystallization in the masutomilite pegmatite from Kracovice seems to be the most significant deviation from the schematic model found in this work. It may be controlled by a specific composition of the parent medium. Rather elevated contents of Mg in tourmaline from homogeneous pegmatites cutting Mg-rich rocks, and Fe in subhomogeneous pegmatite at Vlastějovice cutting Fe-skarn (Fig. 5a, b), respectively, show evident participation of the contamination factor in the elbaite pegmatites with a homogeneous and subhomogeneous internal structure. Zoned pegmatites display only fairly negligible influence on the tourmaline composition disregard-

Table 5 - Representative compositions of tourmaline from the homogeneous elbaite pegmatite Vlastejovice.

	212	210	211	308	309	307	403	401	404
SiO_2	33.81	34.00	34.02	35.38	34.96	35.70	35.78	35.96	36.38
P_2O_5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
TiO_2	0.38	0.14	0.13	0.08	0.05	0.05	0.00	0.00	0.02
Al_2O_3	25.92	28.43	30.09	34.23	34.61	36.02	37.47	42.15	42.19
FeO_{tot}	20.58	19.05	15.51	9.30	7.58	4.03	0.25	0.28	0.11
MnO	0.63	1.63	1.89	3.78	4.08	5.59	6.40	1.14	0.86
MgO	0.64	0.09	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.11	0.07	0.10	0.15	0.09	0.03	0.00	0.00	0.06
CaO	1.38	1.05	0.78	0.69	0.73	0.78	1.09	2.13	1.94
Na_2O	1.94	2.11	2.02	2.09	2.04	2.26	2.16	1.43	1.53
K_2O	0.05	0.07	0.07	0.05	0.05	0.03	0.01	0.01	0.00
F	0.41	0.48	0.49	0.75	0.84	0.94	1.01	0.68	0.67
O=F	-0.17	-0.20	-0.21	-0.32	-0.35	-0.40	-0.43	-0.29	-0.28
Total	85.68	86.92	84.92	86.19	84.68	85.03	83.74	83.49	83.49
Si	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
P	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Ti	0.051	0.019	0.017	0.010	0.006	0.006	0.000	0.000	0.002
Al	5.421	5.913	6.255	6.842	7.001	7.135	7.405	8.289	8.201
Fe^{2+}	3.054	2.811	2.288	1.319	1.088	0.566	0.035	0.039	0.015
Mn	0.095	0.244	0.282	0.543	0.593	0.796	0.909	0.161	0.120
Mg	0.169	0.024	0.008	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.014	0.009	0.013	0.019	0.011	0.004	0.000	0.000	0.007
Ca	0.262	0.199	0.147	0.125	0.134	0.140	0.196	0.381	0.343
Na	0.668	0.722	0.691	0.687	0.679	0.736	0.702	0.463	0.489
K	0.011	0.016	0.016	0.011	0.011	0.006	0.002	0.002	0.000
F^-	0.230	0.268	0.273	0.402	0.456	0.500	0.536	0.359	0.349
O^{2-}	24.053	24.428	24.371	24.439	24.457	24.343	24.332	25.067	24.865
Catsum	15.746	15.956	15.717	15.558	15.524	15.390	15.250	15.334	15.179
Ansum	24.283	24.696	24.644	24.842	24.913	24.842	24.956	25.426	25.214

ing the composition of host rocks. Pegmatites enclosed in serpentinite (Nová Ves), amphibolite (Dobrá Voda) or marble (Krasonice), respectively, do not virtually differ from those enclosed in various metapelites (see Table 1) or the difference is quite a negligible.

X-site cations and fluorine

Behaviour of cations in the X-site was studied by Foord (1976) and Jolliff *et al.* (1986), and also discussed for distinct subtypes of complex pegmatites (Novák and Povondra 1995, Novák and Selway 1997, Novák *et al.* 1997 and Selway *et al.*, submitted). As considerable covariations of Na, Ca and F have been observed in this study, these elements will be discussed together.

Disregarding pegmatite subtypes described herein, two principal groups were recognized in the trends of the X-site cations and F in tourmaline; Ca-poor tourmalines in various pegmatite subtypes, and Ca-rich tourmalines (Ca > 0.2 apfu) from elbaite pegmatites typically with homogeneous to subhomogeneous internal structure.

The first group is characterized by a very good positive correlation of Na versus F and negative correlation X-site vacancy versus F throughout the crystallization. In the lepidolite pegmatites, apparent decrease of Na and F is recorded in the end of tourmaline crystallization. Mostly Fe-poor elbaite (or rossmanite) is commonly associated with lepidolite (Li, F-rich), but locally also with albite (Na-rich); some tourmaline occurs in a quartz core, but lepidolite and locally albite are mostly present in a subordinate amount. The Na partitioning between tourmaline and albite to control Na activity seems to have only a very minor significance if any, because the same behaviour of Na was found in tourmaline completely enclosed in lepidolite. However, the partitioning of F into lepidolite over tourmaline is very likely. Such consequence is also supported by the fact that change into the reverse decreasing trend of Na and F in tourmaline is apparently related to the substitution of muscovite by lepidolite in the tourmaline assemblages at the localities examined. Lepidolite crystallization seems to have significantly depleted the melt of F. Gradual increase in Na and F of Ca-poor tourmalines from elbaite pegmatites (muscovite and lepidolite are rare or absent) and masutomilite pegmatite (zin-

nwaldite, Mn-rich lepidolite and masutomilite are abundant) throughout the overall pegmatite crystallization indicates elevated activity of F; however, increasing alkalinity of parent medium may have played a role. Remarkably positive correlation of Na and F in all Ca-poor tourmalines is very likely resulting from crystal-chemical constraints, possibly a significant interaction Na^+ - F^- in the crystal structure of tourmaline (Robert *et al.* 1997). Hence, activity of F in melt may control entering of Na into the tourmaline structure.

In Ca-rich tourmalines (Ca > 0.2 apfu), entirely different compositional trends were found. There is no positive correlation of Na and F. Increased Ca contents from the outermost zones in some pegmatites and subsequent decrease seem to reflect the influence of Ca-rich host rocks (marble, Fe-skarn, pyroxene gneiss). However, Ca increase in the tail-end of primary crystallization, found in Ca-rich tourmaline from elbaite pegmatites (Fig. 5c) and also in some lepidolite pegmatites, indicates rather elevated activity of Ca in late stages of magmatic crystallization (London *et al.* 1989, London 1992) than an influx of Ca from host rock.

Conclusions

A comparative study of compositional variations in tourmaline from 16 individual pegmatite dikes of the complex type in the Moldanubian region, Czech Republic found out several distinct trends of the Y-site cations, X-site cations and F typical for the individual pegmatite subtypes.

Compositional trends of the Y-site cations (Ti, Mg, Fe, Zn, Mn and Al) are close to the schematic diagram of cations covariation derived from the cation field strengths. Concentration of the Y-site cations seems to be controlled particularly by the crystal-chemical factor in a combination with the geochemical factor, whereas the element-partitioning factor is less important. The contamination factor operates in Ca-rich tourmaline from elbaite pegmatites with homogeneous internal structure cutting Mg- and/or Fe-rich rocks, particularly in early stage of magmatic crystallization. Zoned complex pegmatites exhibit quite a negligible control of the contamination factor.

The X-site cations (Na and Ca) and F exhibit contrasting evolution trends in Ca-poor and Ca-rich tourmaline, respectively, disregarding their pegmatite subtype. Their concentrations and the X-site vacancy indicate elevated control of the geochemical factor (increased amounts of Ca in late stages of crystallization), contamination factor (elevated amounts of Ca in early stage of crystallization) and particularly element-partitioning factor combined with crystal-chemical factor (Na - F relations in Ca-poor tourmaline).

Distinct compositional trends found in tourmaline from lepidolite and elbaite pegmatites in the Moldanubicum (Novák and Povondra 1995) were generally corroborated in the present study. Behaviour of Al in tourmaline from masutomilite pegmatite in Kracovice is unique and worth a detailed study as well as element-partitioning between tourmaline and mica and tourmaline and garnet throughout pegmatite evolution.

Acknowledgements

The study was supported by the Dean of Science, University of Manitoba Postdoctoral Fellowship to the author in 1991 to 1993 and by the NSERC Research plus Major Installation grants to Petr Černý. Part of the work was also supported by Grant Agency of Czech Republic, grant No. 205/96/0855. I am indebted to Petr Černý, Federico Pezzotta and an anonymous reviewer for heplful comments, and to Ron Chapman for assistance with analytical work and computer.

References

Aurisicchio C. & Freda C., 1992 - The role of the tourmaline minerals in the evolution of the Elban pegmatites: Tuscany, Italy. In: Abstracts of Papers, International Symposium on the Mineralogy, Petrology and Geochemistry of Granitic Pegmatites, Lepidolite 200, Nové Město na Moravě, August-September 1992: 12.

Aurisicchio C. & Pezzotta F., 1997 - Tourmaline-group minerals of the LCT miarolitic pegmatites of the Elba Island, (Italy): chemical composition and genetic and paragenetic inferences. In: Abstracts, International Symposium on Tourmaline, Nové Město na Moravě, July 1997: 1-2.

Burns P.C., Macdonald D.J. & Hawthorne F.C., 1994 - The crystal chemistry of manganese-bearing elbaite. *Canad. Mineralogist*, 32: 31-41.

Burt D.M., 1981 - Acidity-salinity diagrams-application to greisen and porphyry depositis. *Econ. Geology*, 76: 832-843.

Černý P., 1991 - Rare-element Granitic Pegmatites. Part I: Anatomy and Internal Evolution of Pegmatite Deposits. *Geoscience Canada*, 18: 49-67.

Chaudhury M.N. & Howie R.A., 1976 - Lithium tourmalines from the Meldon aplite, Devonshire, England. *Miner. Mag.*, 40: 747-751.

Cooper M., Hawthorne F.C., Novák M. & Taylor M.C., 1994 - The crystal structure of tusionite $Mn^{2+}Sn^{4+}(BO_3)_2$, a dolomite structure borate. *Canad. Mineralogist*, 32: 903-907.

Foit F.F. jr. & Rosenberg P.E., 1979 - The structure of vanadium-bearing tourmaline and its implications regarding tourmaline solid-solutions. *Amer. Mineralogist*, 64: 788-798.

Foord E.E., 1976 - Mineralogy and petrogenesis of layered pegmatite-aplite dikes in the Mesa Grande district, San Diego County, California. *PhD. Thesis, Stanford University*, California, 326 p.

Gorgeenko V.V. & Ponomareva I.N., 1988 - Physico-chemical stability conditions of lithium micas of the lepidolite series. *Zap. Vses. Mineral. Obch.*, 117: 633-638.

Grice J.D. & Ercit T.S., 1993 - Ordering of Fe and Mg in the tourmaline crystal structure: The correct formula. *Neues. Jb. Miner. Abh.*, 165: 245-266.

Hawthorne F.C., 1996 - Structural mechanism for light-element variations in tourmaline. *Canad. Mineralogist*, 34: 123-132.

Henry D.J. & Dutrow L.B., 1990 - Ca substitution in Li-poor aluminous tourmaline. *Canad. Mineralogist*, 28: 111-124.

Henry D.J. & Dutrow L.B., 1996 - Metamorphic tourmaline and its petrologic applications. In: Grew E.S. & Anovitz L.M. (eds): Reviews in Mineralogy. *Boron Mineralogy, Petrology and Geochemistry*, 33: 503-557.

Houzar S., 1987 - New lithium-bearing pegmatite from Kracovice near Třebíč. *Acta Sci. nat. Musei Moraviae occident. Třebíč*: 1-4. (in Czech).

Jolliff B.L., *Papike J.J. & Shearer* C.K., 1986 - Tourmaline as a recorder of pegmatite evolution: Bob Ingersoll pegmatite, Black Hills, South Dakota. *Amer. Mineralogist*, 71: 472-500.

Jolliff B.L., Papike J.J. & Shearer C.K., 1987 - Fractionation trends in mica and tourmaline as indicators of pegmatite internal evolution: Bob Ingersol pegmatite, Black Hills, South Dakota. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 51: 519-534.

London D., 1982 - Stability of spodumene in acidic and saline fluorine-rich environments. *Carnegie Institution of Washington Year Book*, 81: 331-334.

London D., 1992 - The application of experimental petrology to the genesis and crystallization of granitic pegmatites. *Canad. Mineralogist*, 30: 499-540.

London D., 1996 - Granitic pegmatites. *Trans. Royal Soc. Edinburgh: Earth Sciences*, 87: 305-319.

LONDON D., MORGAN G.B. VI & HERVIG R.L., 1989 - Vapor-undersaturated experiments with Macusani glass + H_2O at 200 MPa, and internal differentiation of granitic pegmatites. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 102: 1-17.

LONDON D., MORGAN G.B. VI. & WOLF M.B., 1996 - Boron in granitic rocks and their contact aureoles. In: Grew E.S. & Anovitz L.M. (eds): Reviews in Mineralogy. *Boron Mineralogy, Petrology and Geochemistry*, 33: 299-330.

MACDONALD D.J., HAWTHORNE F.C. & GRICE J.D., 1993 - Foitite, □[Fe^{2+}_2(Al, Fe^{3+})] $Al_6Si_6O_{18}$ $(BO_3)_3(OH)_4$, a new alkali-deficient tourmaline: Description and crystal structure. *Amer. Mineralogist*, 78: 1299-1303.

MANNING D.A.C., 1982 - Chemical and morphological variation in tourmalines from the Hub Kapong batholith in peninsular Thailand. *Miner. Mag.*, 45: 139-147.

MORGAN G.B. VI & LONDON D., 1987 - Alteration of amphibolitic wallrocks around the Tanco rare-element pegmatite, Bernic Lake, Manitoba. *Amer. Mineralogist*, 72: 1097-1121.

NĚMEC D., 1983 - Zinnwaldit in Moldanubischen Lithium-Pegmatiten. *Chem. Erde*, 42: 197-204.

NĚMEC D., 1989 - Chemical composition of tourmaline in pegmatites of the Jihlava Massif (Western Moravia, CSSR). *Chem. Erde*, 49: 317-340.

NĚMEC D., 1990 - Neues zur Mineralogie eines Hambergite-führenden Pegmatitgangs von Kracovice (bei Třebíč, West-Morava, CSFR). *Z geol. Wiss.*, 18: 1105-1115.

NĚMEC D. & POVONDRA P., 1993 - Chemical composition of lepidolite and the acidity-alkalinity of its parent pegmatite medium. *Scripta Fac. Sci. Nat. Univ. Masaryk Brun., Geology*, 23: 45-53.

NOVÁK M., 1996 - Tourmaline environments in complex pegmatites; a basis for mineralogical and geochemical study. *Acta Miner. Petrogr., Szeged*, 37: 85.

NOVÁK M., BURNS P.C. & MORGAN G.B. VI, 1998 - Fluorine variation in hambergite from granitic pegmatites. *Canad. Mineralogist*, 36: 441-446.

NOVÁK M., ČERNÝ P., COOPER M., HAWTHORNE F.C., OTOLLINI L., ZHI XU & LIANG, J.-J., 1999 - Boron-bearing $2M_1$ polylithionite and $2M_1$+ 1M boromuscovite from an elbaite pegmatite at Reèice, western Moravia, Czech Republic. *Eur. J. Mineral.*, 11, 669-678.

NOVÁK M., ČERNÝ P., ČECH F. & STANĚK J., 1992 - Granitic pegmatites in the territory of the Moravian and Bohemian Moldanubicum. In: Novák M. & Černý P. (eds). Field Trip Guidebook, International Symposium on Mineralogy, Petrology and Geochemistry of Granitic Pegmatites, Lepidolite 200, Nové Město na Moravě, August-September 1992: 11-20.

NOVÁK M. & HYRŠL J., 1992 - Locality No. 3: Vlastějovice near Zruc nad Sázavou, pegmatites with fluorite penetrating skarn. In: Novák M. & Černý P. (eds). Field Trip Guidebook, International Symposium on Mineralogy, Petrology and Geochemistry of Granitic Pegmatites, Lepidolite 200, Nové Město na Moravě, August-September 1992: 33-37.

NOVÁK M. & POVONDRA P., 1995 - Elbaite pegmatites in the Moldanubicum; a new subtype of the rare-element class. *Mineral. Petrol.*, 55: 159-176.

NOVÁK M. & SELWAY J.B., 1997 - Locality No. 1: Rožná near Bystřice nad Pernštejnem, Hradisko hill, a large lepidolite subtype pegmatite dike. In: Novák M. & Selway J.B. (eds.). Field Trip Guidebook, International Symposium on Tourmaline, Nové Město na Moravě, June 1997: 23-38.

NOVÁK M., SELWAY J.B., KORBEL P. & SARBACH M., 1997 - Locality No. 4: Bližná near Cerná v Pošumaví, elbaite subtype pegmatite penetrating marble with exomorphic tourmaline. In: Novák M. & Selway J.B. (eds.). Field Trip Guidebook, International Symposium on Tourmaline, Nové Město na Moravě, June 1997: 55-70.

NOVÁK M., & TAYLOR M.C., 1996 - New occurrences of foitite and its position in pegmatite evolution. In: Abstracts GAC/MAC Annual Meeting, May 27-29, Winnipeg 1996: A 70.

POUCHOU J.L. & PICHOIR F., 1985 - "PAP" procedure for improved quantitative microanalysis. *Microbeam Anal.*, 20: 104-105.

POVONDRA P., 1981 - The crystal chemistry of tourmalines of the schorl-dravite series. *Acta Univ. Carol., Geol.*: 223-264.

POVONDRA P., ČECH F. & STANĚK J., 1985 - Crystal chemistry of elbaites from some pegmatites of the Czech Massif. *Acta Univ. Carol., Geol.*: 1-24.

ROBERT J.-L., GOURDANT J.-P., LINNEN R.L., ROUER O. & BENOIST P., 1997 - Crystal-chemical relationships between OH, F and Na in tourmalines. In: Abstracts, International Symposium on Tourmaline, Nové Město na Moravě, July 1997: 84-85.

SAHAMA Th.G., v.KNORRING O. & TORNROOS R., 1979 - On tourmaline. *Lithos*, 12: 109-114.

SELWAY J.B. & NOVÁK M., 1997 - Experimental conditions, normalization procedures and used nomenclature fro tourmaline. In: Novák M. & Selway J.B. (eds.). Field Trip Guidebook, International Symposium on Tourmaline, Nové Město na Moravě, June 1997: 19-21.

SELWAY J.B., NOVÁK M., ČERNÝ P. & HAWTHORNE F.C., 1997 - Tourmaline from lepidolite-subtype pegmatites. In: Abstracts, International Symposium on Tourmaline, Nové Město na Moravě, July 1997, 91-92.

SELWAY J.B., NOVÁK M., ČERNÝ P. & HAWTHORNE F.C. 1999 - Compositional evolution of tourmaline in lepidolite-subtype pegmatites. *Eur. J. Miner.*, 11, 569-584.

SELWAY J.B., NOVÁK M., HAWTHORNE F.C., ČERNÝ P., OTTOLINI L. & KYSER T.K., 1998 - Rossmanite, □[$LiAl_2$] $Al_6Si_6O_{18}$ $(BO_3)_3$ $(OH)_4$, a new alkali-deficient tourmaline: Description and crystal structure. *Amer. Mineralogist*, 83: 896-900.

STAATZ M.H., MURATA K.J. & GLASS J.J., 1955 - Variation of composition and physical properties of tourmaline with its position in the pegmatite. *Amer. Mineralogist*, 40: 789-804.

STANĚK J., 1973 - Mineral paragenesis of the new lithium-bearing pegmatite at Laštovičky, western Moravia, Czechoslovakia. *Scripta Nat. Fac. UJEP*, 3: 1-14.

STANĚK J., 1992 - Nová Ves near Český Krumlov, a pegmatite dike of the petalite subtype penetrating serpentinite. In: Novák M. & Černý P. (eds). Field Trip Guidebook, International Symposium on Mineralogy, Petrology and Geochemistry of Granitic Pegmatites, Lepidolite 200, Nové Město na Moravě, August-September 1992: 57-62.

STANĚK J. & POVONDRA P., 1987 - Elbaites from Rečice, western Moravia. *Acta Mus. Moraviae, Sci. nat.*, 72: 35-42.

TAYLOR M.C., SELWAY J.B. & NOVÁK M., 1997 - Tourmaline as a recorder of pegmatite evolution: Belo Horizonte No. 1 pegmatite, Peninsular Ranges Batholith, southern California. In: Abstracts, International Symposium on Tourmaline, Nové Město na Moravě, July 1997: 121-122.

ZAGORSKYI V.E. & PERETYAZHKO I.C., 1992 - Pegmatites with gemstones of Central Transbaikalia. *Nauka*, Novosibirsk. (in Russian).

Memorie della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano
Volume XXX - pp.: 57-72, 2000

New Data for Feldspars and Micas from Granitic Pegmatites in the Southwestern USA

Boris M. Shmakin*[1], Victor Ye. Zagorsky[1], Eugene E. Foord[†], Michael E. Brownfield[2] & Paul H. Briggs[2]

[1] *Vinogradov Institute of Geochemistry Siberian Division, Russian Academy of Sciences P.O. Box 4019 Irkutsk, Russia 664033*
[2] *M.S. 905 U.S. Geological Survey Box 25046 Denver Federal Center Denver, CO 80225*

Abstract - A total of 73 K-feldspars were partially chemically analyzed (Na, K and selected trace elements) and X-ray structural states were determined on a total of 43 (of the 73 total samples). A total of 46 new analyses (major, minor and trace elements) for muscovite (30), biotite (1), zinnwaldite (protolithionite and Li-phengite-muscovite) (2), lepidolite (12) and cookeite (1) were also determined. Samples come from granitic pegmatites in the southwestern USA, and include: Meyers Quarry, Eight Mile Park district, near Canyon City, CO; Harding mine, Dixon, NM; Globe mine, Petaca district, NM; White Picacho district, AZ; and several pegmatite districts in San Diego Co., CA.

Pegmatites examined range from simple to highly complexly evolved. The Meyers Quarry pegmatite is of the rare-element class, beryl-type; the Harding pegmatite is also of the rare-element class, complex-type, spodumene subtype, and the pegmatites of the Petaca district are of the rare-metal-muscovite class. The Harding pegmatite contains holmquistite, bityite, and zinnwaldite in the immediately adjacent schist, particularly on the upper contact, indicative of loss of Li from the pegmatite. The White Picacho pegmatites are of the rare-element class, complex type, spodumene subtype. All of the pegmatites examined in San Diego Co., CA are of the rare-element class, complex type, and mostly of the lepidolite subtype (Černý, 1991) with some in the Pala district being of the spodumene subtype. They contain miarolitic cavities as well.

As a whole, the elemental contents in the K-feldspars are close to those from other rare-metal and miarolitic pegmatites of the world. Some regional geochemical pecularities for the White Picacho rare-element pegmatites and for the Little Three miarolitic pegmatites exist. In all of the pegmatites studied, the later generations of K-feldspar contain more Rb, Cs and Tl than earlier ones in the same pegmatite body, reflecting fractionation and concentration of rare alkalies. The Rb/Cs ratio approaches 1 in some crystals from miarolitic cavities. In late-stage overgrowths (rims) of K-feldspar crystals (2 examples), there is an increased content of Ba, reflecting resetting of the pegmatite 'chemical clock' due to opening of formerly closed systems.

All structurally studied K-feldspar samples are microcline or orthoclase. No sample has $\sum t_1 < 0.84$. However, there are 10 samples with Δt values <0.5 and 3 samples with Δt between 0.60 and 0.64. Five orthoclase samples from miarolitic cavities, including two overgrowth samples have Δt values between 0.0 and 0.3, and $\Delta t''$ values between 0.16 and 0.34, which are lower than in the surrounding microcline matrix. Because of efficient interchange between monoclinic K-feldspar (i.e. orthoclase) and the contained fluid in the miarolitic cavities, continued ordering produced well-ordered orthoclase, e.g. Little Three mine. The amount of cooling and the influence of temperature and speed of crystallization are other important controls on the structural state of the feldspar.

The muscovite and to a lesser extent, the lepidolite compositions group into distinct populations. Lepidolites range from about 30 to 57 atomic % Li, clustering around trilithionite. Trace and minor elements detected in significant quantities (>0.03%) include: B, Ba, Nb, Sn and Zn. Sn and Zn are highest in muscovites. Ga is low in lepidolites but may be as much as 400 ppm in muscovites. Boron is low in all lepidolites except for one sample from the Little Three mine, and may be as much as 1500 ppm in muscovite.

Riassunto - Sono stati parzialmente analizzati 73 campioni di K-feldspato (Na, K ed alcuni elementi in tracce); tra questi, 43 sono stati studiati ai raggi X per determinarne lo stato strutturale. Sono state inoltre eseguite 46 nuove analisi (maggiori, minori ed elementi in tracce) su campioni di muscovite (30), biotite (1), zinnwaldite (protolitionite e Li-fengite-muscovite) (2), lepidolite (12) e cookeite (1). I campioni provengono da pegmatiti granitiche nel sud-ovest degli USA, e comprendono: la miniera di Meyers Quarry, nel distretto di Eight Mile Park, vicino a Canyon City, CO; la miniera Harding, Dixon, NM; la miniera Globe, nel distretto di Petaca, NM; il White Picacho district, AZ; e numerosi distretti pegmatitici nella contea di San Diego, CA.

Le pegmatiti esaminate vanno da semplici a fortemente complesse ed evolute. La pegmatite di Meyers Quarry è della classe ad elementi rari, del tipo a berillo; La pegmatite di Harding è ancora della classe ad elementi rari, di tipo complesso, del subtipo a spodumene, e le pegmatiti del distretto di Petaca sono della classe ad elementi rari a muscovite. La pegmatite di Harding contiene holmquistite, bityite, e zinnwaldite negli scisti immediatamente adiacenti, soprattutto al contatto di tetto, ad indicare una perdita di Li durante la cristallizzazione. Le pegmatiti di White Picacho sono della classe ad elementi rari, di tipo complesso, del subtipo a spodumene. Tutte le pegmatiti prese in considerazione nella contea di San Diego, CA, sono della classe ad elementi rari, di tipo complesso, e per lo più del subtipo a lepidolite (Černý, 1991) con alcune, nel distretto di Pala, del subtipo a spodumene. Anch'esse contengono cavità miarolitiche.

In generale, i contenuti in elementi nei K-feldspati sono prossimi a quelli di altre pegmatiti miarolitiche ad elementi rari nel mondo. Vi sono tuttavia alcune particolarità geochimiche regionali nelle pegmatiti ad elementi rari di White Picacho e nelle pegmatiti miarolitiche della miniera Little Three. In tutte le pegmatiti studiate, le generazioni più tardive di K-feldspato contengono più Rb, Cs e Tl rispetto alle generazioni precedenti, indicando un frazionamento ed una concentrazione di

* E-mail: pgmigor@igc.irk.ru

alcali. Il rapporto Rb/Cs si avvicina a 1 in alcuni cristalli provenienti dalle cavità miarolitiche. Nelle sovracrescite tardive (bordi) dei cristalli di K-feldspato (2 esempi), vi è un incremento del contenuto in Ba, che riflette un disturbo chimico a causa dell'apertura del sistema.

Tutti i K-feldspati studiati da un punto di vista strutturale sono microclino ed ortoclasio. Nessun campione ha $\sum t_1 < 0.84$. Tuttavia, vi sono 10 campioni con valori di $\Delta t < 0.5$ e 3 campioni con Δt compreso tra 0.60 e 0.64. Cinque campioni di ortoclasio provenienti da cavità miarolitiche, che comprendono due campioni con sovracrescite, hanno valori di Dt tra 0.0 e 0.3, e valori di Δt" tra 0.16 e 0.34, che sono minori rispetto a quelli del microclino della matrice circostante. A causa dell'efficiente interscambio tra il K-feldspato monoclino (ad esempio ortoclasio) ed i fluidi contenuti nelle cavità miarolitiche, un continuo processo di ordinamento ha prodotto un ortoclasio ben ordinato, come ad esempio alla miniera Little Three. Le modalità del raffreddamento e l'influenza della temperatura e della velocità di cristallizzazione sono ulteriori importanti fattori di controllo dello stato strutturale dei feldspati.

Le composizioni della muscovite ed in minor misura, della lepidolite, formano due distinte popolazioni. Le lepidoliti presentano un contenuto in Li tra il 30 ed il 57% di occupanza del sito, addensandosi attorno alla trilitionite. Elementi in traccia e minori rinvenuti in quantità significative (>0.03%) comprendono: B, Ba, Nb, Sn e Zn. Sn e Zn sono più abbondanti nella muscovite. Il contenuto in Ga è basso nelle lepidoliti ma può raggiungere il valore di 400 ppm nelle muscoviti. Il boro è basso in tutte le lepidoliti ad eccezione di un campione della miniera Little Three. Tale elemento può raggiungere valori di oltre 1500 ppm nella muscovite.

Key-words: K-feldspar, muscovite, lepidolite, granitic pegmatites.

Introduction

In January, 1991, four first authors visited a number of pegmatite districts in the southwestern USA for the purpose of collecting feldspar and mica samples to further study the chemistry, geochemistry, structural states of feldspars, and genesis of granitic pegmatites of different modes of origin, and from widely varied host rocks of different ages. All of the pegmatites examined are of Precambrian (≈1.2-1.4 BY) age except for those of the Southern California Batholith, which are mid-Cretaceous (about 100 Ma). The Precambrian pegmatites are emplaced into stable cratonic rocks while those of the SCB are related to orogenic processes (subduction). A suite of 73 feldspar and 46 mica samples were chemically analyzed at the Vinogradov Institute of Geochemistry, Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia. The feldspars were partially-, and the micas were completely-analyzed. Major, minor and trace elements (including boron) for the micas were determined by ICP-AES at the U.S. Geological Survey, Denver, CO.

In addition, X-ray structural states were determined for 43 potash feldspars from granitic pegmatites of late Precambrian (Harding pegmatite, NM (≈1300 Ma) and White Picacho district pegmatites, AZ) and Cretaceous (pegmatites in San Diego County, CA (≈95-100 Ma) age.

The geology and mineralogy of the well-known Harding pegmatite is best summarized in Jahns and Ewing (1976), Brookins *et al.* (1979), and Chakoumakos and Lumpkin (1990). While extensive geologic and mineralogic studies of the Harding pegmatite exist, detailed studies of the potash feldspars are still lacking. Knowledge of the geology and mineralogy of the pegmatites in the White Picacho district is based on studies by Jahns (1952), London (1979), and London and Burt (1978, 1982). Numerous geologic and mineralogic studies exist of the gem- and specimen-bearing granitic pegmatites of San Diego County, California, and only a few of the more important and review-type papers are cited here: Foord (1976, 1977), Foord *et al.* (1986, 1989, 1991), Jahns (1979), Jahns and Wright (1951), Shigley and Brown (1985), Stern *et al.* (1986), and Taylor *et al.* (1979).

Sample locations

Samples of micas and feldspars were collected from the following pegmatites: Meyers Quarry, Eight Mile Park district, Canyon City, CO; Harding mine, Dixon, NM; Globe mine, Petaca district, NM; White Picacho pegmatites, NE of Wickenburg, AZ; and various pegmatites in San Diego Co., CA. The localities sampled in San Diego Co. include: Pala district- Elizabeth R-Ocean View mine, White Queen mine, Pala Chief mine, Stewart mine, and the Naylor Rock (a float block); Ramona district- Little Three mine; Mesa Grande district- Himalaya mine and San Diego Tourmaline mine. Fig. 1 is a map of the southwestern USA showing the major areas visited.

Figure 2 shows the locations of major pegmatites in the White Picacho district, AZ and Fig. 3 shows the locations of the major pegmatite districts in San Diego Co., CA.

Fig. 1 - Map of the southwestern USA showing locations of pegmatite districts sampled.

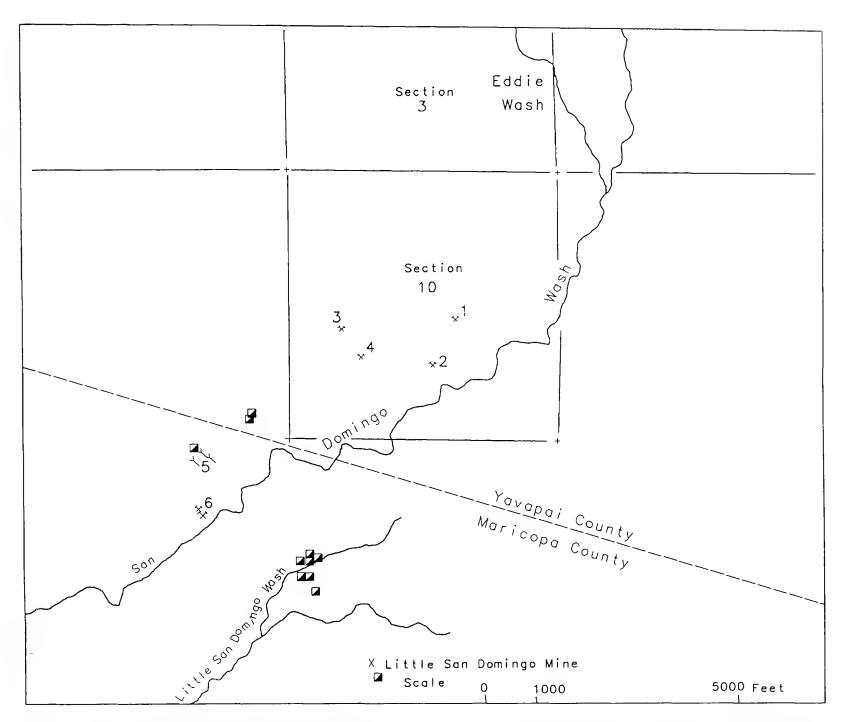



Fig. 2 - Locations of major pegmatites in the White Picacho district, AZ. 1) White Ridge, 2) Homestead, 3) Sunrise, 4) Lower Jumbo, 5) North Morning Star, 6) Morning Star.

Sample descriptions

Location information, no. of samples analyzed from each location, brief sample descriptions and chemical data for potash feldspar samples examined are given in Table 1 below. Table 2 contains location and sample description information for mica samples examined in this study. Similar information is also included for 16 additional samples of micas from San Diego County that were previously analyzed and are in the literature.

Data from a total of 17 mines (including those from previous literature) are given here.

Analytical methods

Feldspars

Samples of potash feldspars were collected from various zones of the pegmatites. The samples were purified by hand-picking under a binocular microscope and in heavy liquids. Chemical analyses for the alkalies (Na, K, Rb, Cs) were done by L.S. Tauson in the Institute of Geochemistry, Irkutsk. Ba, Sr, Pb and Tl were determined by quantitative atomic emission spectroscopy by S. K. Yaroshenko and N.L. Chumakova, also in the Institute of Geochemistry.

X-ray powder diffraction data were obtained using a DRON-3 diffractometer, with the following operating conditions: 35 Kv, 20 Ma, Ni-filtered Cu Ka radiation, scan speed 0.5o/min., chart speed 1 cm/min.

The sum of Al in T_1 positions($\sum t_1$) was determined with a rapid method using the formula: $\sum t_1 = 7.3280 - 0.7266(\Delta\ 2\theta(204\text{-}060)$. The difference in Al occupancies in T_1o and T_1m (Δt) was calculated as $\Delta t = 0.0144+1.244(\Delta\ 2\theta(131\text{-}131)$. These two equations were derived by Afonina (1995) and were calculated on the basis of study of K-feldspar samples for which structures and cell parameters are well known (Dal Negro *et al.*, 1978, 1980; Griffen and Johnson, 1984; Kroll and Ribbe, 1983, 1987; Afonina, 1995).

Additional parameters, $\Delta t'$ and $\Delta t''$ were also calculated for cases involving one-step and two-step types of ordering respectively (Afonina, 1995): $\Delta t' = 24.629 - 2.710\ (\Delta\ 2\theta(204\text{-}060)$ and $\Delta t'' = 9.521\text{-}1.018\ (\Delta\ 2\theta(204\text{-}060)$ when the Δt value is relatively small, or $\Delta t'' = 37.836 - 4.225\ (\Delta\ 2\theta(204\text{-}060)$, when the Δt value is relatively large.

In samples with $\Delta t < 0.2$, the value of $\Delta t''$ is close to Δt (first step of the two-step ordering type) whereas in samples with $\Delta t > 0.4$, the value of Δt normally is close to $\Delta t'$ (one-step type of ordering). For samples with Δt between 0.2 and 0.4, as a rule, we have $\Delta t'' < \Delta t < \Delta t'$ because of intermediate type of ordering.

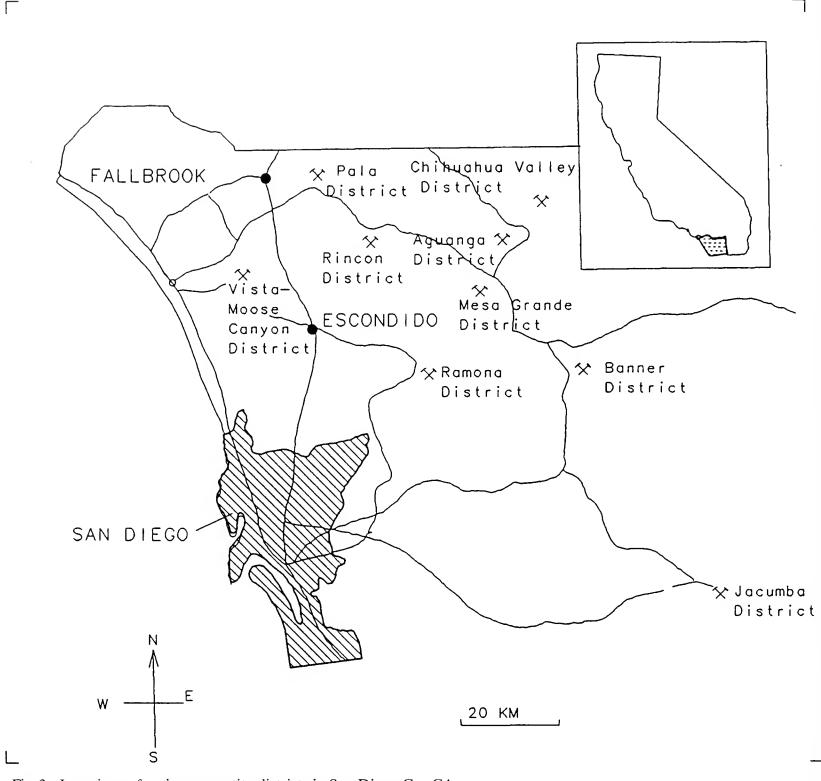



Fig. 3 - Locations of major pegmatite districts in San Diego Co., CA.

For K-feldspar samples with Δt=0, the value of Δt" is greater than 0. As a rule, they have $\sum t_1$ >0.72. As was shown by TEM studies (Bambauer *et al.*, 1989) there is a monoclinic cell in K-feldspar with $\sum t_1$ <0.72. For the other K-feldspars with monoclinic X-ray symmetry, twinning or combination of microcline with twinning structure in potash feldspar is present. This is why determination of Δt for such feldspars will be more correct using Δ2θ(204-060) or linear cell parameters, than using Δ2θ(131-131).

Micas

Mica samples were prepared by a variety of methods, depending on both sample and grain size and purity. Large 'books' or pieces of pure mica were cut up in a rotary mica cutter and then ground to less than 200 mesh for chemical analysis. Impure, and or fine-grained micas were purified by hand-picking and heavy-liquid separations if necessary. Then they were ground to less than 200 mesh as for the coarser samples.

Chemical analyses for major element oxides were done by V.A. Grigorieva (Inst. of Geochemistry, Irkutsk). Atomic-emission spectrographic analyses for Ba, Sr, Pb, Zn, Sn and Tl were done for a total of 53 micas by S.K. Yaroshenko and A.I. Kuznetsova, also of the Institute of Geochemistry (Irkutsk). A total of 46 mica samples were analyzed by 40 element ICP-AES methods by P.F. Briggs (USGS) using an Na_2O_2-sinter method in carbon crucibles, so that B could be quantitatively determined.

If only total Fe was determined, then a split of FeO and Fe_2O_3 to 0.1 wt. % Fe_2O_3, with the remainder as FeO was made arbitrarilly for the purpose of formula calculations.

Data

Feldspars

Table 1 presents chemical data for 73 K-feldspars from the Harding pegmatite, NM, pegmatites in the White Picacho district, AZ, and San Diego County, CA.

Table 3 presents structural state data for 43 of the K-feldspars.

Table 1 - Contents of K, Na (Wt.%) and selected minor and trace elements (ppm) in potash feldpars from pegmatites in the southwestern USA. Number of samples used in composites shown in parenthesies (e.g. WP-C3 (2)).

Sample, locality	K wt%	Na wt%	K+Na	Li ppm	Rb ppm	Cs ppm	Ba ppm	Sr ppm	Pb ppm	Tl ppm
D-18, Harding	11.7	1.34	13.04	5	7700	870	53	74	130.0	360.0
D-10 Harding	12.0	1.26	13.26	8	7400	2600	75	90	540.0	760.0
H-C1 (2) Harding	11.2	1.76	12.96	17	5910	546	85	77	115.0	335.0
D-19 Harding	11.7	1.63	13.33	6	7620	900	55	100	n.d.	n.d.
D-42, White Picacho	12.7	0.91	13.61	1	9800	1240	180	51	4.6	200.0
WP-C3 (2), White Picacho	11.8	1.27	13.07	2	8580	201	120	73	20.0	200.0
WP-C4 (3), White Picacho	11.9	1.41	13.31	4	6860	282	153	76	18.0	110.0
WP-C1 (2), White Picacho	10.9	1.87	12.77	2	200	60	125	58	35.0	43.0
WP-C2 (2), White Picacho	11.3	1.65	12.95	n.d.	4670	455	162	71	21.0	85.0
D-34, White Picacho	12.5	0.41	12.91	21	4350	239	180	72	30.0	100.0
SM-C3 (5), Stewart	11.0	1.86	12.86	211	3660	106	25	n.d.	2.2	87.0
D-173, Stewart	11.9	1.20	13.10	355	8600	370	23	n.d.	1.0	160.0
SM-C2 (3), Stewart	12.0	1.58	13.58	273	2588	213	27	n.d.	2.0	45.0
D-165, Stewart	11.9	1.69	13.59	272	184	5	4100	120	50.0	n.d.
SM-C1 (2), Stewart	11.3	1.80	13.10	127	1595	121	28	n.d.	2.7	26.0
MG-C3 (2), Himalaya	11.0	1.68	12.68	15	4390	407	37	30	22.0	106.0
MG-C2 (2), Himalaya	11.2	1.64	12.84	22	3890	411	47	20	23.0	100.0
MG-C1 (4), Himalaya	11.2	1.88	13.08	22	5175	610	24	20	20.0	110.0
D-88, Little Three	9.8	2.90	12.70	13	429	5	100	38	42.0	8.3
LT-C2 (4), Little Three	10.3	2.54	12.84	16	464	26	44	21	50.0	9.0
D-73, Little Three	10.0	2.70	12.70	4	1050	31	40	20	23.0	12.0
LT-C3 (2), Little Three	9.85	2.83	12.68	30	1035	103	25	n.d.	8.9	23.0
D-84, Little Three	11.0	1.90	12.90	13	1280	157	60	26	6.8	30.0
D-94, Little Three	11.9	1.90	13.80	22	2240	2120	39	20	16.0	55.0
D-94A, Little Three	13.1	0.78	13.88	33	1320	157	540	130	64.0	28.0
LT-C1 (4), Little Three	10.6	2.01	12.61	5	288	4.3	178	26	60.0	5.0
LT-C4 (2), Little Three	10.6	2.34	12.94	26	1730	68	39	25	25.0	41.0
D-118, Elizabeth R.	10.9	2.40	13.30	66	650	20	26	n.d.	12.0	12.0
D-117, Elizabeth R.	11.4	1.70	13.10	95	2520	323	27	n.d.	6.1	78.0
ER-C1 (2), Elizabeth R.	10.2	2.55	12.75	127	1330	43	23	n.d.	2.5	28.0
D-132, Elizabeth R.	12.5	1.11	13.61	411	2560	1110	20	n.d.	16.0	58.0
D-119, Elizabeth R.	12.0	1.56	13.56	275	3900	750	76	20	18.0	96.0
D-111, Pala Chief	11.9	1.48	13.38	64	1880	116	22	n.d.	3.5	59.0
PC-C1 (3), Pala Chief	12.1	1.41	13.51	167	1313	174	20	n.d.	5.3	25.0
D-114, Pala Chief	10.9	2.20	13.10	98	1100	75	20	n.d.	2.9	21.0
WQ-C1 (2), White Queen	10.4	2.50	12.90	122	551	14	210	75	24.0	10.0
WQ-C2 (2), White Queen	11.4	1.83	13.23	64	323	5	107	22	22.0	6.9
D-146, White Queen	12.3	1.14	13.44	43	8900	2580	43	95	280.0	290.0
D-153, White Queen	11.3	1.86	13.16	378	2720	95	21	n.d.	1.5	53.0
WQ-C3 (2), White Queen	10.6	2.40	13.00	176	1173	140	35	n.d.	6.0	29.0
D-151, White Queen	10.6	2.20	12.80	220	2000	309	22	n.d.	1.8	48.0

Table 2 - Locations and descriptions for micas from granitic pegmatites in the southwestern USA.

Sample No.	Description
1M	Meyers Quarry, Canon City area, CO; light brown muscovite.
1B	Meyers Quarry, Canon City area, CO; dark brown biotite.
2	Globe pegmatite decline, Petaca Dist., NM; white muscovite in blocky Fs zone.
6	Harding mine, Dixon, NM; light gray zinnwaldite-muscovite intermediate mica from immediately adjacent schist host rock.
8	Harding mine, Dixon, NM; rose-colored, fine, flaky muscovite from an albite-quartz-muscovite assemblage.
10	Harding mine, Dixon, NM; fine, flaky, rose muscovite from spodumene-mica-quartz zone under the quartz co
15	Harding mine, Dixon, NM; rose muscovite containing inclusions of microlite.
17	Harding mine, Dixon, NM; brown zinnwaldite in hangingwall schist
24	White Ridge pegmatite, White Picacho district, AZ; light green muscovite from outer zone of barren pegmatite (non-Li vein).
32	White Ridge pegmatite, White Picacho district, AZ; gray lepidolite from a central cross-section of muscovite-quartz-albite assemblage.
37	White Ridge pegmatite, White Picacho district, AZ; light brown muscovite from a central cross-section of muscovite-quartz-albite assemblage.
38	White Ridge pegmatite, White Picacho district, AZ; yellowish-greenish muscovite from albite-muscovite-quartz assemblage in the central spodumene zone.
50	Homestead quarry, White Picacho district, AZ; silvery-white, tabular, muscovite from a muscovite-albite-quartz assemblage
53	Lower Jumbo pegmatite, White Picacho district, AZ; coarse, flaky gray lepidolite.
64	Little Three mine, Ramona, CA; greenish-white muscovite from the coarse-grained pegmatite zone.
67	Little Three mine, Ramona, CA; gray muscovite from a quartz-muscovite assemblage.
68	Little Three mine, Ramona, CA; silvery-white muscovite from a "pocket wall".
93	Little Three mine, Ramona, CA; white tabular crystal, 5 cm wide, of lepidolite from the hangingwall side of the body.
95	Little Three mine, Ramona, CA; greenish muscovite lining from coarse-grained quartz-K-Fs zone.
98	Little Three mine, Ramona, CA; silvery-white muscovite in quartz-albite association.
105	Pala Chief mine, Pala, CA; white-green muscovite in association with quartz from coarse-grained pegmatite (a vein within a vein).
110	Pala Chief mine, Pala, CA; pale greenish muscovite in association with albite and quartz from coarse-grained pegmatite.
112	Pala Chief mine, Pala, CA; fine-grained, white, muscovite from a quartz-albite-tourmaline-muscovite assemblage.
115	Elizabeth R mine, Pala, CA; white muscovite in quartz.
120	Elizabeth R mine, Pala, CA; fine-grained, white-green muscovite from quartz-muscovite assemblage near a 'pocket'.
125	Elizabeth R mine, Pala, CA; pale-green, fine, flaky muscovite.
146	White Queen mine, Pala, CA; white, fine, flaky muscovite in albite-biotite-muscovite assemblage.
147	White Queen mine, Pala, CA; pale rose, fine, flaky, lepidolite associated with cleavelandite.
152	White Queen mine, Pala, CA; greenish-gray, tabular muscovite.
154	Boulder below the White Queen mine, Pala, CA; rosy lepidolite from a lepidolite-beryl-albite assemblage.
155	Naylor Rock boulder, Pala, CA; coarse, flaky, greenish muscovite from quartz-muscovite assemblage.
158	Stewart mine, East side quarry, Pala, CA; aggregate of fine-grained, rosy cookeite.
162	Stewart mine, East side quarry, Pala, CA; green muscovite associated with albite and green elbaite.
163	Stewart mine, East side quarry, Pala, CA; fine-grained, purple-violet lepidolite with associated rubellite.
164	Stewart mine, medium-grained, flaky, purple lepidolite.
169	Stewart mine, from dump in East Side quarry, Pala, CA; same type of material as no. 163.
170	Stewart mine, from dump in East Side quarry, Pala, CA; bright violet lepidolite with quartz.
179	Stewart mine, "Tourmaline Room", Pala, CA; pale green muscovite associated with quartz.
194	Himalaya mine, Mesa Grande, CA; coarse, flaky, greenish muscovite.
200	Himalaya mine, Mesa Grande, CA; fine, flaky, light violet lepidolite.
205	San Diego mine, Mesa Grande, CA; silvery-white muscovite in albite pegmatite.
211	San Diego mine, Mesa Grande, CA; rose-colored, medium grained lepidolite.
212	San Diego mine, Mesa Grande, CA; lithian muscovite pseudomorph after tourmaline.
214	San Diego mine, Mesa Grande, CA; lithian muscovite.
220a	San Diego mine dump, Mesa Grande, CA; lilac muscovite with quartz.
220b	San Diego mine dump, Mesa Grande, CA; grayish rose lepidolite.
220c	San Diego mine dump, Mesa Grande, CA; colorless muscovite.
STV-2	Katerina mine, Pala, CA; coarse-medium grained, purple lepidolite.
STV-3	Stewart mine, "40 acres", Pala, CA; fine, compact, purple lepidolite.
STV-4	Panama-Pacific Exposition mine, Chihuahua Valley, East of Oak Grove, San Diego Co., CA; medium grained, purple lepidolite.
STV-5	West lens, Stewart mine, Pala, CA; medium grained, pink lepidolite.
STV-6	Stewart mine, Pala, CA; coarse, pale blue, silky or talc-like lepidolite.
STV-8	Himalaya mine, Mesa Grande District, CA; coarse, purple, iron-stained lepidolite.
STV-9	San Diego Mine, Mesa Grande District, CA; coarse, purple lepidolite.
STV-11	Stewart mine, Pala, CA; fine, almost white lepidolite.
STV-12	Stewart mine, Pala, CA; coarse, pale blue lepidolite.
STV-13	Himalaya mine, Mesa Grande District, CA; very coarse, purple lepidolite.
STV-15	Little Three mine, Ramona, CA; terminated, pink lepidolite crystals.
EEF-1	San Diego Tourmaline Mine, Mesa Grande District, CA; purple lepidolite rim on orange spessartine, below the 'pocket zone'.
EEF-2	Hercules-Spessartine workings, Little Three mine, Ramona, CA; very fine grained, light purple, conchoidally fracturing lepidolite.
SCH-1	Himalaya mine, Mesa Grande District, CA; pink muscovite.
SCH-2	Himalaya mine, Mesa Grande District, CA; lepidolite border on muscovite.
STERN-1	New Spaulding Pocket (1976), main Little Three dike, Ramona, CA; coarse, purple, well-terminated crystals of lepidolite.

Micas

Table 2 contains location data, and sample descriptions for the 44 mica samples studied; Table 4 contains major element chemistry for micas, including some from the literature, and Table 5 contains trace and minor element data for the micas. For comparison analyses of lepidalites published earlier (Stevens, 1938) are included.

Discussion of data

Feldspars

Principal observations that may be made from these chemical and structural state data are: (1) the levels of K and Na, as well as trace and minor elements are very different, but are within the limits of studied K-feldspars of other rare-metal and miarolitic cavity type granitic pegmatites (Foord, 1976, 1977; Foord *et al.*, 1979; Horsky and Martin, 1977; Shmakin, 1979; Zagorsky and Kuznetsova, 1990; Zagorsky and Peretyazhko, 1992); (2) lithium contents are very low or essentially absent (<30 ppm) in K-feldspars from the Harding pegmatite, pegmatites of the White Picacho district, as well as the Little Three and Himalaya mines, but feldspars from pegmatites in the Pala district contain from 60 to 400 ppm (this report; Foord *et al.*, 1979). As much as 700 ppm Li is present in K-feldspars from the Ocean View-Elizabeth R pegmatite in the Pala district (E.E. Foord, unpub. data); (3) the contents of Rb and Cs in pegmatites of the White Picacho district, AZ are relatively high, but the contents of Pb and Tl are lower than for feldspars from the Harding mine. This appears to be a local regional phenomenon; (4) the maximum overall concentration levels of Rb, Cs, Pb

Table 3 - X-ray crystallographic results for potash feldspars from pegmatites in New Mexico, Arizona and California.

Location	Sample number	Short description of feldspar position	Δz	$\sum t_1$	Δt	$\Delta t'$	$\Delta t''$
Harding mine, Dixon, NM	D-7	Blocky zone, footwall	0.99	0.987	0.99	0.97	0.93
	D-10	"Spotted" zone, near core of pegmatite	0.96	0.981	0.99	0.99	0.93
	D-18	Same zone, central part of pegmatite	0.96	0.983	0.98	0.96	0.92
	D-19	Blocky zone, hanging-wall	0.96	0.983	0.99	0.96	0.91
	D-21	Albitized K-feldspar	0.90	0.952	0.85	0.84	0.74
White Picacho pegmatite district, AZ	D-26	Block, near quartz core	0.78	0.894	0.48	0.64	0.40
	D-33	Block, in quartz-albite zone	0.96	0.979	0.94	0.94	0.90
	D-42	Block, near Li-minerals, core zone	0.90	0.952	0.88	0.84	0.74
	D-51	Block, unzoned pegmatite	0.96	0.985	0.98	0.98	0.96
	D-56	Albitized K-feldspar, near contact	0.96	0.979	0.91	0.94	0.89
Little Three mine, Ramona, CA	D-61	Graphic pegmatite, near hangingwall	0.89	0.944	~0.6	0.71	0.51
	D-65	Block, graphic peg-matite, near center	0.90	0.952	0.92	0.86	0.76
	D-73	Pegmatitic block in aplite	0.90	0.952	0.88	0.85	0.74
	D-74	Coarse-grained simple pegmatite	0.78	0.887	~0.3	0.61	0.35
	D-86	Graphic zone, Hercules-Spessartine dike	0.90	0.952	~0.8	0.85	0.74
	D-87	Crystal in miarolitic cavity, Hercules-Spess-artine dike	0.74	0.874	0.18	0.55	0.20
	D-94	Crystal in miarolitic cavity	0.76	0.883	~0.3	0.59	0.34
	D-94A	Rim around D-94	0.72	0.861	~0.1	0.48	0.18
	D-100	Graphic pegmatite, distant body	0.86	0.927	0.64	0.76	0.60
	D-101	Block, same	0.88	0.937	0.82	0.79	0.65
Pala Chief mine, Pala, CA	D-104	Block, cross-cutting material	0.88	0.937	0.80	0.79	0.65
	D-107	Coarse-grained matrix	0.92	0.960	0.91	0.88	0.78
	D-114	Graphic pegmatite, another level	0.94	0.970	0.96	0.93	0.87
Elizabeth R mine, Pala, CA	D-117	Block, contact zone	0.92	0.964	0.91	0.89	0.81
	D-118	Graphic pegmatite, same zone	0.92	0.963	0.93	0.91	0.84
	D-130	Graphic pegmatite, central zone	0.90	0.952	n.d.	0.86	0.76
	D-131	Block, same zone	0.88	0.941	0.76	0.81	0.69
	D-132	Crystal in miarolitic cavity	0.68	0.840	0.0	0.42	0.16
White Queen mine, Pala, CA	D-136	Block, lower level of mine	0.81	0.905	0.49	0.67	0.47
	D-137	Graphic pegmatite, same as 136	0.90	0.952	0.75	0.74	0.57
	D-138	Block, upper level of mine	0.88	0.937	0.84	0.81	0.69
	D-146	Central zone, same as 138	0.94	0.974	0.99	0.94	0.90
	D-153	Crystal in miarolitic cavity	0.68	0.847	~0.1	0.46	0.17
Stewart mine, Pala, CA	D-156	Block, central zone	0.82	0.910	~0.4	0.69	0.48
	D-161	Graphic pegmatite, same zone as 156	0.96	0.982	0.96	0.94	0.89
	D-165	Fine graphic pegmatite from peripheral zone	0.89	0.887	0.63	0.61	0.35
	D-168	Block, south end of dike, surface workings	0.92	0.963	0.90	0.89	0.81
	D-173	Block (brown), underground workings	0.74	0.872	0.36	0.55	0.27
	D-183	Block, lepidolite zone	0.94	0.967	~0.8	0.95	0.84
Himalaya dike	D-195	Block, main dike	0.88	0.941	~0.8	0.82	0.69
	D-197	Block, same as 195	0.90	0.952	0.90	0.85	0.74
	D-210	Block, San Diego mine system, Mesa Grande,CA	0.94	0.967	0.89	0.91	0.85
	D-218	Block, same as 210	0.96	0.983	0.87	0.95	0.91

Table 4 - Major element chemistry for pegmatite micas from the southwestern USA.

Sample	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	FeO	Total Fe	CaO	MgO	MnO	K2O	Na2O	Li2O	Rb2O	Cs2O	F	H2O	Total	Corr. F	Corr. Tot.
1M	45.52	0.54	32.70	1.07	3.05	4.12	0.03	0.22	0.06	10.29	0.42	0.05	0.06	0.00	0.21	5.12	99.34	0.09	99.25
2	45.44	0.32	32.30	2.44	2.40	4.84	0.03	0.03	0.06	10.29	0.35	0.17	0.11	0.00	2.00	4.36	100.30	0.84	99.46
6	44.91	0.44	28.60	1.95	4.51	6.46	0.08	1.68	0.28	9.75	0.35	1.23	0.66	0.26	2.35	3.35	100.40	0.99	99.41
8	47.13	0.01	35.60	0.10	0.00	0.10	0.10	0.06	0.43	9.87	0.20	0.60	1.00	0.11	0.71	3.79	99.71	0.30	99.41
10	50.04	0.04	32.70	0.10	0.07	0.17	0.10	0.03	0.45	10.96	0.48	0.46	0.93	0.13	0.69	3.31	100.49	0.29	100.20
15	47.46	0.03	35.60	0.10	0.00	0.10	0.03	0.03	0.18	9.69	0.42	0.83	0.82	0.15	0.99	4.01	100.34	0.42	99.92
24	46.34	0.36	35.20	1.07	1.75	2.82	0.03	0.11	0.09	9.81	0.50	0.05	0.33	0.03	0.09	3.24	99.00	0.04	98.96
37	46.84	0.23	37.20	0.10	0.18	0.28	0.20	0.03	0.13	9.39	0.51	0.02	0.54	0.01	0.48	3.89	99.75	0.20	99.55
38	46.27	0.17	37.10	0.10	0.08	0.18	0.03	0.03	0.45	9.51	0.43	0.11	0.73	0.15	0.44	4.60	100.20	0.19	100.01
50	45.46	0.19	37.30	0.10	0.18	0.28	0.10	0.03	0.14	9.87	0.51	0.08	0.62	0.01	0.25	4.79	99.63	0.11	99.52
54	47.31	0.02	35.70	0.10	0.00	0.10	0.07	0.03	0.17	9.63	0.46	0.82	0.78	0.15	1.00	3.81	100.05	0.42	99.63
55	45.26	0.44	28.90	1.85	4.61	6.46	0.05	1.69	0.28	9.51	0.35	1.23	0.65	0.25	2.40	3.60	101.07	1.01	100.06
64	45.11	0.06	37.30	0.49	0.22	0.71	0.05	0.06	0.03	9.99	0.75	0.00	0.18	0.00	0.02	5.05	99.31	0.01	99.30
67	46.02	0.08	36.95	0.10	0.65	0.75	0.05	0.05	0.20	9.39	0.73	0.06	0.18	0.01	0.99	4.62	100.08	0.42	99.66
115	47.13	0.01	35.00	0.01	1.18	1.19	0.06	0.14	0.13	9.21	0.59	0.16	0.14	0.00	0.52	4.84	99.12	0.22	98.90
120	45.57	0.02	35.40	0.63	0.99	1.62	0.03	0.03	0.50	9.63	0.46	0.62	0.48	0.03	1.07	4.45	99.91	0.45	99.46
125	45.46	0.03	36.70	0.63	1.09	1.72	0.03	0.03	0.28	9.27	0.46	0.20	0.37	0.03	0.44	4.69	99.71	0.19	99.52
155	45.07	0.01	35.90	0.64	0.91	1.55	0.05	0.03	0.20	10.05	0.85	0.42	0.27	0.01	1.05	4.46	99.92	0.44	99.48
162	47.04	0.04	34.95	0.42	1.40	1.82	0.03	0.21	0.07	9.27	0.47	0.41	0.18	0.00	1.05	4.45	99.99	0.44	99.55
179	45.46	0.03	35.80	0.72	1.20	1.92	0.03	0.03	0.19	9.87	0.55	0.28	0.37	0.01	0.20	4.57	99.31	0.08	99.23
194	47.04	0.04	36.20	0.10	0.62	0.72	0.05	0.03	0.17	9.87	0.89	0.14	0.31	0.01	1.02	4.20	100.69	0.43	100.26
212	45.98	0.01	35.70	0.58	0.90	1.48	0.05	0.03	0.30	10.35	0.59	0.12	0.31	0.05	0.38	4.48	99.83	0.16	99.67
214	45.20	0.02	36.40	0.58	0.90	1.48	0.05	0.03	0.20	9.87	0.83	0.42	0.28	0.01	1.21	4.04	100.04	0.51	99.53
220	45.89	0.02	37.30	0.07	0.00	0.07	0.05	0.03	0.31	9.63	0.89	0.05	0.50	0.04	0.52	4.61	99.91	0.22	99.69
205	45.66	0.01	37.40	0.10	0.34	0.44	0.05	0.03	0.23	9.75	0.98	0.16	0.41	0.02	1.25	3.85	100.24	0.53	99.71
32	51.75	0.01	26.30	0.10	0.45	0.55	0.05	0.23	0.56	9.75	0.27	3.23	0.83	0.29	4.87	2.28	100.97	2.05	98.92
53	51.23	0.09	26.10	0.10	0.88	0.98	0.03	0.03	1.08	9.87	0.16	3.96	1.01	0.25	5.50	2.13	102.42	2.32	100.10
147	50.88	0.01	28.20	0.10	0.18	0.28	0.05	0.03	0.50	10.23	0.36	3.63	0.97	0.13	4.70	2.04	102.01	1.98	100.03
154	49.37	0.02	28.50	0.10	0.42	0.52	0.05	0.03	0.46	10.84	0.36	3.55	0.79	0.16	4.77	2.21	101.63	2.01	99.62
158	39.81	0.01	44.10	0.10	0.10	0.20	0.05	0.03	0.14	3.25	0.15	2.06	0.14	0.00	0.05	10.37	100.36	0.02	100.34
163	51.79	0.01	26.10	0.10	0.00	0.10	0.03	0.03	0.51	9.63	0.18	4.41	0.93	0.76	5.00	2.14	101.62	2.11	99.51
164	51.38	0.04	26.10	0.10	0.04	0.14	0.05	0.03	0.34	10.23	0.24	4.20	1.29	0.17	6.14	1.60	101.95	2.58	99.37
169	52.40	0.02	25.30	0.07	0.00	0.07	0.03	0.03	0.17	10.35	0.30	4.74	1.09	0.15	6.10	1.44	102.19	2.57	99.62
170	51.24	0.04	25.50	0.03	0.00	0.03	0.05	0.03	0.31	10.35	0.27	5.33	1.08	0.22	6.72	1.19	102.36	2.83	99.53
200	51.75	0.04	24.80	0.10	0.10	0.20	0.05	0.03	0.42	10.35	0.24	5.17	0.88	0.49	7.20	1.41	103.03	3.03	100.00
211	52.84	0.01	23.70	0.03	0.00	0.03	0.05	0.03	0.29	10.35	0.27	5.54	0.95	0.73	6.80	0.93	102.52	2.86	99.66
220B	51.26	0.05	25.70	0.03	0.00	0.03	0.05	0.03	0.33	10.23	0.22	5.38	1.08	0.20	6.60	1.25	102.41	2.78	99.63
220A	46.77	0.02	36.70	0.28	0.18	0.46	0.05	0.03	0.23	9.87	0.24	0.07	0.38	0.02	0.58	4.25	99.67	0.24	99.43
1B	36.80	1.85	19.60	5.41	13.36	18.77	0.13	8.10	0.89	8.31	0.08	0.19	0.09	0.01	0.88	5.00	100.70	0.37	100.33
17	43.01	0.24	22.70	3.10	8.18	11.28	0.07	3.80	0.46	9.27	0.12	2.50	0.59	0.46	4.12	2.18	100.80	1.73	99.07
68	46.86	0.08	36.70	0.10	0.28	0.38	0.05	0.03	0.28	9.87	1.01	0.00	0.27	0.02	1.10	3.20	99.85	0.46	99.39
95	45.89	0.06	36.40	0.07	0.00	0.07	0.05	0.03	0.38	9.75	0.88	0.04	0.22	0.07	0.20	5.00	99.04	0.08	98.96
105	45.34	0.02	36.20	0.03	0.92	0.95	0.05	0.03	0.16	9.81	0.83	0.39	0.21	0.01	0.86	4.64	99.50	0.36	99.14
110	47.41	0.08	34.70	0.80	1.51	2.31	0.05	0.33	0.06	9.87	0.80	0.22	0.06	0.00	0.36	3.95	100.20	0.15	100.05
112	45.94	0.01	35.30	0.79	1.24	2.03	0.05	0.34	0.10	9.99	0.80	0.22	0.09	0.00	0.50	4.71	100.08	0.21	99.87
146	44.66	0.02	35.40	0.91	2.09	3.00	0.05	0.51	0.03	10.23	0.74	0.12	0.04	0.00	0.25	4.71	99.76	0.11	99.65
eef-1	53.50	0.00	21.00	0.20	0.00	0.20	0.10	0.08	3.72	9.68	0.27	4.86	1.08	0.60	6.40	1.30	102.79	2.69	100.10
sch-1	45.63	0.03	37.42	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	0.06	9.95	1.43	0.20	ND	ND	0.77	4.43*	99.95	0.32	99.63
sch-2	50.85	0.00	26.78	0.60	0.00	0.60	0.10	0.02	0.07	10.30	1.41	4.27	ND	ND	6.71	1.74*	102.85	2.82	100.03
st-1	54.69	0.03	22.83	0.01	0.11	0.12	0.00	0.00	0.14	9.53	0.57	5.11	1.64	0.17	6.86	1.33	103.02	2.89	100.13
st-2	51.70	0.03	23.97	0.01	0.04	0.05	0.00	0.00	0.17	10.79	0.89	5.33	0.42	0.41	7.76	1.50	103.02	3.27	99.75
st-3	51.25	0.01	23.71	0.01	0.07	0.08	0.03	0.02	0.61	9.90	0.65	5.78	2.00	0.08	8.08	1.24	103.44	3.40	100.04
stern-1	55.62	0.04	18.25	0.00	0.19	0.19	0.01	0.01	2.03	10.79	0.20	5.45	1.57	0.39	8.90	0.30	103.75	3.75	100.00
stv-2	49.50	0.01	28.06	0.00	0.11	0.11	0.00	0.00	0.54	10.32	1.27	3.51	1.11	0.13	5.98	2.42	102.96	2.52	100.44
stv-3	48.58	0.01	28.93	0.00	0.04	0.04	0.01	0.00	0.92	10.02	0.87	3.70	0.91	0.16	4.93	3.10	102.18	2.08	100.10
stv-4	50.20	0.01	28.18	0.00	0.04	0.04	0.01	0.00	0.28	9.91	0.64	3.81	1.55	0.11	4.97	2.36	102.07	2.09	99.98
stv-5	49.29	0.01	28.40	0.00	0.05	0.05	0.01	0.12	0.65	9.93	0.77	3.96	1.56	0.12	6.52	1.90	103.29	2.74	100.55
stv-6	53.45	0.01	22.15	0.00	0.16	0.16	0.00	0.14	0.52	9.59	0.74	5.04	1.56	0.48	7.22	1.74	102.80	3.04	99.76
stv-11	51.10	0.01	23.98	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.13	10.25	0.63	5.51	1.38	0.48	7.36	2.06	102.91	3.10	99.81
stv-12	52.58	0.01	22.82	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.28	10.11	0.59	5.64	1.04	0.67	7.56	1.65	102.97	3.18	99.79
stv-15	54.40	0.02	17.95	0.00	0.21	0.21	0.01	0.30	2.06	10.28	0.72	6.18	2.00	0.24	9.19	1.39	104.95	3.87	101.08
eef-2	47.90	0.02	29.70	0.02	0.00	0.02	0.00	0.13	2.09	10.70	0.15	2.60	0.14	1.02	3.24	2.87	100.58	1.36	99.22

Table 5 - Selected trace-element composition of pegmatite micas from the southwestern USA. ND. Not determined.

Sample	B	Ba	Be	Cu	Ga	Li	Nb	Ni	Sc	Sn	Sr	V	Zn	Pb	Tl
53	350	43	15	<4	130	20000	160	19	12	190	78	<8	240	2	220
147	290	5	25	4	84	18000	110	<7	<7	<20	<7	<7	260	<1	160
154	330	<6	26	<6	93	18000	110	<10	<10	<30	<10	<10	630	<1	100
163	170	9	15	10	60	24000	320	<10	<10	<30	<10	<10	180	1	310
164	250	<4	19	4	95	24000	130	<7	<7	66	7	<7	11	<1	180
169	310	<5	20	<5	120	24000	120	<10	<10	80	<10	<10	<10	<1	210
170	320	<4	18	6	87	27000	160	<7	<7	52	9	<7	34	<1	180
200	290	320	18	5	96	26000	190	<8	<8	200	<8	<8	29	2.5	160
211	290	<5	18	<5	120	27000	120	<10	<10	190	<10	<10	<10	1.4	160
220C	310	<4	17	<4	87	26000	150	<7	<7	48	7	<7	33	1.7	48
220B	1100	<3	23	4	250	280	66	15	<7	700	<7	<7	37	<1	150
17	28	270	16	5	36	14000	29	44	37	<20	52	190	240	12	260
68	580	4	20	<3	300	380	100	<7	<7	540	<7	<7	240	1	50
95	620	7	25	<4	400	200	72	7	<7	740	<7	<7	230	1.6	28
105	220	<5	13	<5	160	1500	150	21	<9	190	<9	<9	350	1	9
110	70	34	4	<3	100	1100	66	15	19	<10	<5	<5	120	<1	<2
112	110	<5	10	21	120	1200	99	<10	<10	32	10	<10	160	1.1	7.4
146	50	48	<5	<5	97	620	52	<10	20	<20	<10	<10	110	2.9	7.7
64	250	7	8	4	280	41	160	40	<8	290	<8	12	16	3.9	21
93	210	<5	71	<5	120	32000	20	<10	<10	32	<10	<10	260	1.8	80
98	570	6	16	4	300	230	110	9	<7	620	<7	<7	170	1.5	20
152	310	<4	20	4	170	1100	160	25	<9	120	<9	<9	820	1.9	51
1M	26	170	6	9	80	280	140	8	110	42	20	27	47	4.6	2.9
2B	20	110	19	5	200	880	300	<8	<8	43	11	<8	950	19	27
6K	59	260	15	10	83	5900	73	31	25	<20	54	150	260	16	210
8	170	20	130	30	190	3200	55	<10	<10	<30	48	15	320	14	280
10	140	7	21	3	160	2400	210	<5	<5	<10	55	22	320	30	310
15	210	7	21	4	93	4300	48	<7	<7	<20	47	<7	75	11	320
24	130	40	20	<20	210	270	260	<40	<40	110	<40	<40	320	3.5	53
37	640	20	20	<10	320	470	120	30	80	550	30	<20	40	3.8	76
38	1500	10	14	<4	340	860	33	<8	<8	260	46	<8	51	10	150
50	670	10	23	<6	350	390	120	17	49	580	30	<10	83	1	110
54	210	7	22	<4	95	4000	58	<8	<8	<20	44	<8	77	ND	ND
55	64	260	15	<6	82	5400	93	32	24	<30	50	150	250	2.5	58
67	320	5	10	<4	270	330	170	20	<8	400	<8	<8	130	1.8	26
115	140	<5	9	<5	140	830	140	<10	<10	59	12	<10	240	1.1	33
120	280	11	20	<9	210	3100	170	<20	<20	110	<20	<20	730	1.9	110
125	210	<7	21	<7	220	900	150	<10	<10	83	15	<10	820	2.4	64
155	560	<8	17	<8	180	1900	190	<20	<20	250	<20	<20	530	<1	35
162	130	<10	<10	<10	160	2200	170	<20	<20	<50	23	<20	120	1.1	25
179	240	<6	13	<6	180	1400	210	720	<10	160	13	<10	480	1.3	70
194	410	<5	13	<5	250	700	150	25	46	1100	<10	<10	150	2	29
205	590	<6	17	<6	280	760	120	<10	22	940	<10	<10	170	2	49
212	470	7	12	<5	240	630	44	<9	<9	520	<9	<9	220	6.3	39
214	260	<6	19	<6	180	1900	180	<10	<10	230	<10	<10	530	<1	31
220A	690	<6	19	<6	270	350	120	11	<10	940	<10	<10	140	2.6	70

and Tl are in K-feldspars from the Harding mine rare-metal pegmatite, NM.; (5) the lowest contents of all examined elements for miarolitic-cavity-bearing pegmatites are in K-feldspars from the Little Three mine, Ramona, CA and the Pala Chief mine, Pala, CA; (6) moderate levels and minimal variations of the studied elements and relatively high Rb contents are found in K-feldspars from the Himalaya dike system; (7) medium levels of Rb, Cs and Tl, but very low Pb levels are present in K-feldspars from the Stewart mine; (8) wide variations in Rb and Cs contents are present in K-feldspars from the Elizabeth R mine and for Pb and Tl from the White Queen mine; (9) in the majority of cases, the later generations of K-feldspar contain more Rb, Cs and Tl than earlier ones; productive dikes have higher levels of these elements than non-productive ones; (10) the geochemical data for Sr are not sufficient (many values are less than 20 ppm) to permit satisfactory interpretation; (11) as a rule, K-feldspars contain more Ba than Sr; only the K-feldspars from the Harding mine contain more Sr than Ba (3 of four samples); (12) higher levels of Ba are present in late-stage overgrowths (rims) on two substrate-overgrowth pairs; (13) the maximum contents of Ba and Sr are present in early-stage K-feldspar from fine-grained, graphic pegmatite from the Stewart mine, and the Cs content is minimal (sample no. 165). Li and Rb show a bimodal

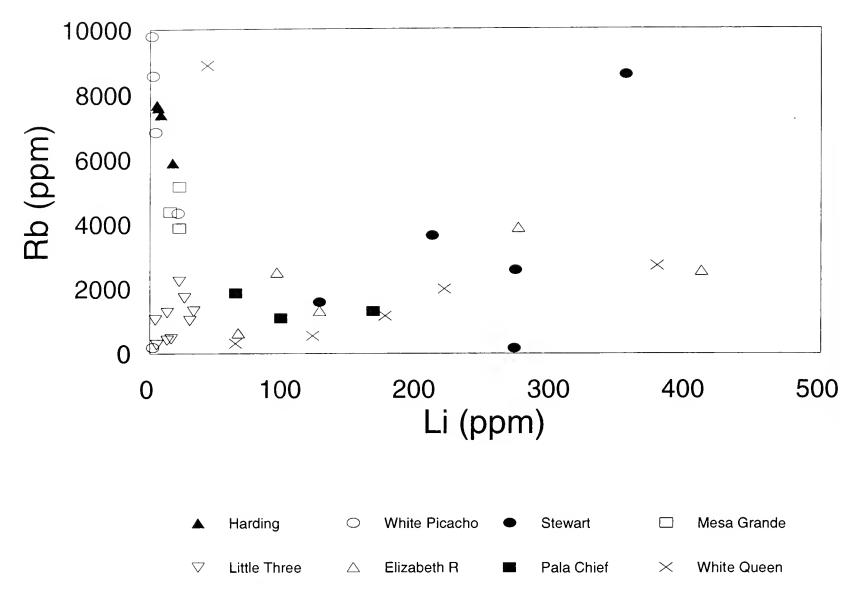



Fig. 4 - Li vs. Rb distribution for feldspars.

distribution (Fig. 4): 1) a positive correlation between the two elements, and 2) for one group an enrichment in Rb but not in Li. Samples from the Pala district are high in Li and are from pegmatites that contain spodumene. Samples from the White Picacho, Harding (has spodumene), Little Three and Mesa Grande are low in Li. Rb vs. K+Na (Fig. 5) and Rb vs. K also show a binary distribution: 1) a low positive slope and 2) high positive slope. Cs is concentrated in higher total alkali containing feldspar. In general, Cs increases along with Rb. The Cs/Rb ratio approaches 1 in feldspars from miarolitic cavities. Single samples from the Harding, White Queen and Little Three mines contain >0.2 wt. % Cs.

A steep trend for Rb vs. Na+K is shown by samples from the Harding, White Picacho, and Mesa Grande pegmatites, and a shallower, nearly flat, trend is shown for samples from the Pala Chief, Elizabeth R, White Queen and Little Three mines. Samples from the Stewart mine lie on both trend lines.

All 43 studied K-feldspar samples are microclines or orthoclase with Δ_z not less than 0.68. Microcline from the Harding pegmatite, Pala Chief mine, and Himalaya mine have Δ_z greater than 0.88 and $\sum t_1$ greater than 0.94. No sample studied has a value of $\sum t_1$ less than 0.84, which is usually indicative of no monoclinic feldspars being present. However, based on studies by Foord *et al.* (1979 and 1989), some orthoclase is present in miarolitic cavities from the Himalaya mine, the Little Three mine, the White Queen mine and the Elizabeth R mine. There are ten samples with Δt values less than 0.5 and three samples have Δt values between 0.60 and 0.64. These samples have lowered values of Δz, from 0.68 to 0.81 in the first group (ten samples) and 0.86 to 0.89 in the second one (three samples). All five samples of K-feldspar from miarolitic cavities have Δt values between 0.0 and 0.3, and Δt" values between 0.16 and 0.34. In the translucent overgrowth (rim) on sample D-94, the values for all measured indexes are lower than in the central portion of the crystal. Other samples with lowered values of Δ_z and Δt are from coarse-grained and blocky feldspar crystals near quartz cores (D-26, D-74, D-136, D-156 and D-173) or from graphic structures (D-61, D-100 and D-165). Two of them, contain extremely high contents of Rb (D-173) or Ba (D-165), which can influence the process of structural ordering (Afonina, *et al.*, 1978). Based on additional structural state determinations of K-feldspars from San Diego County (Foord *et al.*, 1979, 1989), the crystallization history of K-feldspar may be summarized as such: two factors contribute to efficient ordering of the K-feldspar: 1) availability of an aqueous fluid and 2) slow rate of cooling. Down to about 350°C and perhaps lower, the miarolitic cavity area is dominated by a fluid phase, and the rate of heat loss probably was slower there than near the contacts of the dikes. As long as there is efficient interchange between the monoclinic K-feldspar and the fluid, ordering will continue. The result is well-or-

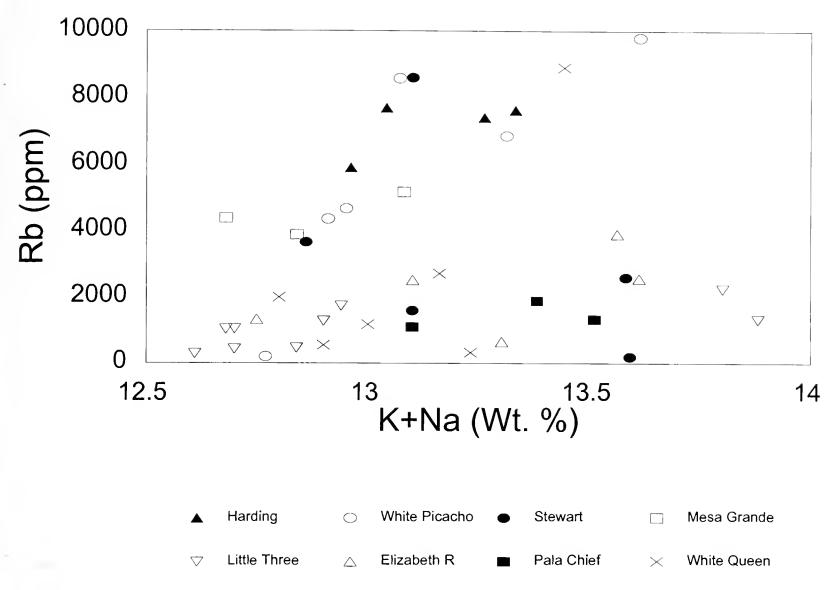



Fig. 5 - Rb vs. Na+K distribution for feldspars.

dered orthoclase. As the temperature falls below about 400°C in a pegmatite body, the monoclinic K-feldspar should transform to triclinic K-feldspar (i.e. microcline). The partly ordered orthoclase near the contacts inverts readily, and appears today as well-ordered microcline. Closer to the 'pocket zone', where the orthoclase had become better ordered, the inversion was less efficient in the time available, probably because of impurity elements and because the difference in free energy between the (metastable) better-ordered orthoclase and the microcline was smaller than between the more poorly ordered orthoclase and microcline near the contacts. As a result, intermediate microcline is found. Finally in the pockets themselves, the difference in free energy between very well-ordered orthoclase and microcline was so small that the inversion did not occur in some cases. Some pockets contain substrates and overgrowths of well-ordered microcline, presumably as a result of relatively quick cooling through the stability field of orthoclase, and others in which both are "stuck" metastably in the well-ordered orthoclase state. Alternatively, this could be a result of crystallization at low temperatures and/or possible irradiation effects (Shmakin and Afonina, 1967). There are also Ba- and Rb-containing feldspars which are "stuck" metastably in the orthoclase state. Sudden evacuation of the fluid medium from the pocket environment after formation of the overgrowth could also prevent nucleation of the low-temperature polymorph.

Micas

Figure 6 is a summary (R_1-R_2-R_3 plot) of the mica compositions encountered. It is interesting to observe the presence of brown zinnwaldite (protolithionite according to the classification of Lapides *et al.*, 1977) and a light gray, intermediate zinnwaldite-muscovite (Li-phengite-muscovite according to Lapides *et al.*, 1977) in the Vadito Formation (quartzite, schist and amphibolite), immediately adjacent to the Harding pegmatite. Such micas are typical for exocontacts of pegmatites, where two isomorphous series were established: biotite—protolithionite—zinnwaldite (alkaline stage) and zinnwaldite or protolithionite—Li-phengite-miscovite (with increasing degree of acidity, see Zagorsky and Makrygin, 1976; Kuznetsova and Zagorsky, 1984). The same micas are typical of rare metal granites as well (Koval *et al.*, 1972; Lapides *et al.*, 1977). The presence of an Li-enriched zone immediately adjacent to the pegmatite has been previously recognized (Jahns and Ewing, 1976, 1977). The presence of holmquistite (Li-bearing amphibole) (London, 1986) and bityite, (an Li-bearing sheet silicate) are other minerals indicative of Li-migration out of the Harding pegmatite. No lepidolite was analyzed in this study from the Harding mine, even though the "rose muscovite" (Heinrich and Levinson, 1953), for which the Harding mine is famous, 'looks' like lepidolite. Jahns and Ewing (1976) have summarized the variations in appearance and compositions of the principal micas occurring in the Main Quarry

of the Harding mine. Lepidolite is most abundant in the "spotted rock" zone and other interior zones. Much rose muscovite replaces spodumene but is also present in a cleavelandite-rose muscovite zone. Much of the muscovite may be purple or lilac in color and is difficult to distinguish from true lepidolite except by analytical or optical methods. Based on similar chemistry to the above analyzed zinnwaldites (protolithionite, Li-phengite-muscovite), two zinnwaldites were partially-analyzed by Post and Austin (1993), though one was called 'biotite'. The Globe and other pegmatites in the Petaca district are minimally evolved, and contain Fe-bearing muscovite. Similar results for total iron were obtained by Post and Austin (1993). The determined partial chemistry of the micas from 26 mica samples from 16 mines in the Petaca District was remarkably uniform (Post and Austin, 1993). All 36 muscovites studied by Post and Austin (1993) from various pegmatite districts in northern New Mexico were of the $2M_1$ polytype. The pegmatites in the Petaca district are minimally evolved and are of the rare metal-muscovite class. Two lepidolites from the White Picacho district are low Li-lepidolites. The lepidolites from pegmatites in San Diego Co., range from several low-Li lepidolites (147, 154, EEF-2, STV-2, STV-3, STV-4, STV-5), with the remainder spread out from ideal trilithionite to higher and lower Li-contents (Fig. 6).

The trace element data indicate that muscovite may be enriched in Sn more than four times that of lepidolite and more than 10 times that of biotite and zinnwaldite (Fig. 7). Sn content is highest (to 1100 ppm) in Himalaya mine muscovite and in some cases may be due to minute inclusions of cassiterite. Sn is distinctly lower in lepidolites from this mine, reflecting prior extraction of Sn by cassiterite and muscovite. Samples of muscovite from the Harding mine have the lowest Sn content of all of the studied micas, indicative of the high degree of fractionation of that pegmatite. Zn contents are high in biotite and some muscovites and lepidolites. This is a function of the geochemical individualities of the host pegmatite(s). More than 1000 ppm Zn is present in biotite from the Meyers Quarry as well as in the muscovite from the Globe mine. Zn contents in micas from the White Picacho pegmatites are also elevated. Tl is elevated in lepidolite relative to most, but by no means all muscovites. Tl and Rb show a linear positive trend reflecting the association of Rb and Tl (Fig. 8). For higher concentrations (e.g. Harding and Stewart

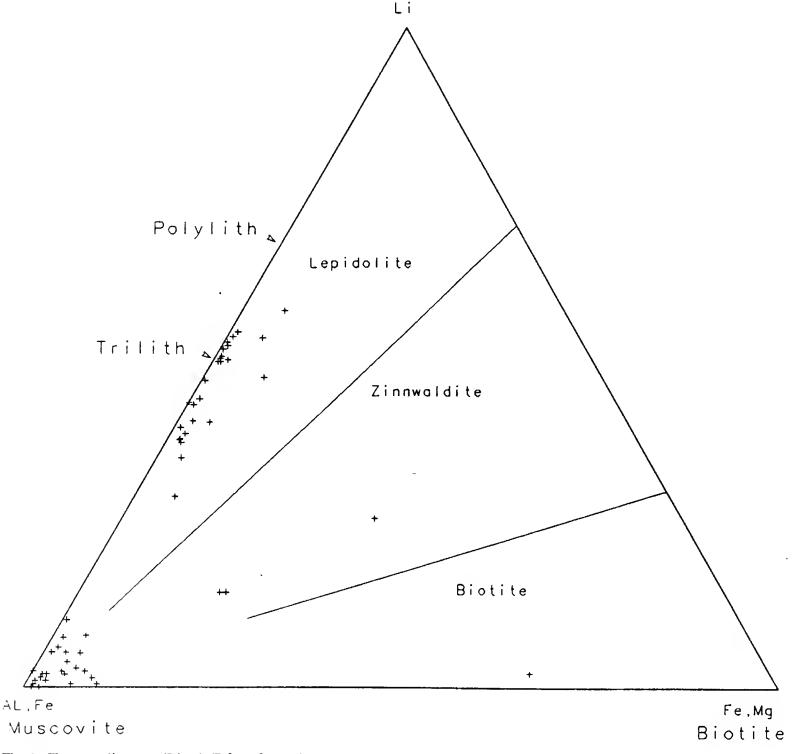



Fig. 6 - Ternary diagram (Li-Al+Fe^{3+}-Fe^{2+}+Mg) showing all mica compositions determined.

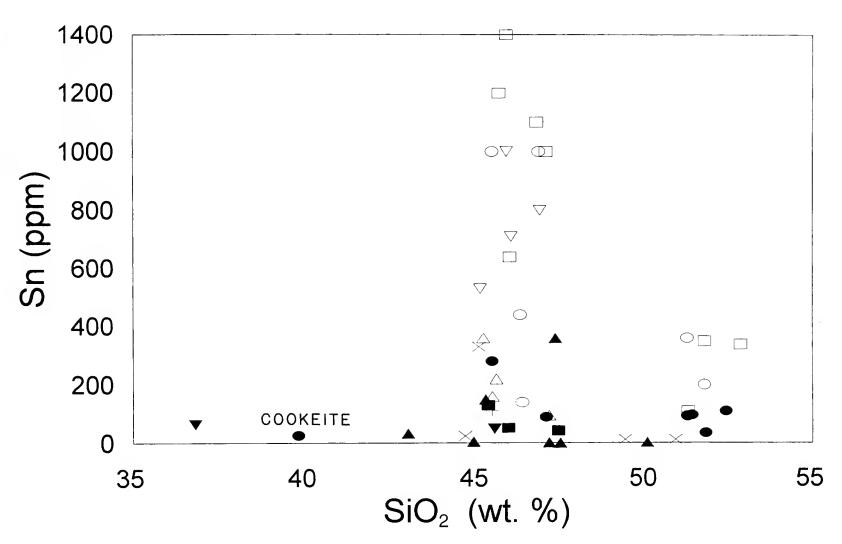



Fig. 7 - Sn vs. SiO_2 distribution in micas.

Fig. 8 - Tl vs. Rb_2O distribution in micas.

Pegmatite Micas, SW USA

COOKEITE

6
5
4
3
2
1
0

Li_2O (wt. %)

35 40 45 50 55

SiO_2 (wt. %)

Meyers Harding Petaca White Picacho Stewart

Mesa Grande Little Three Elizabeth R Pala Chief White Queen

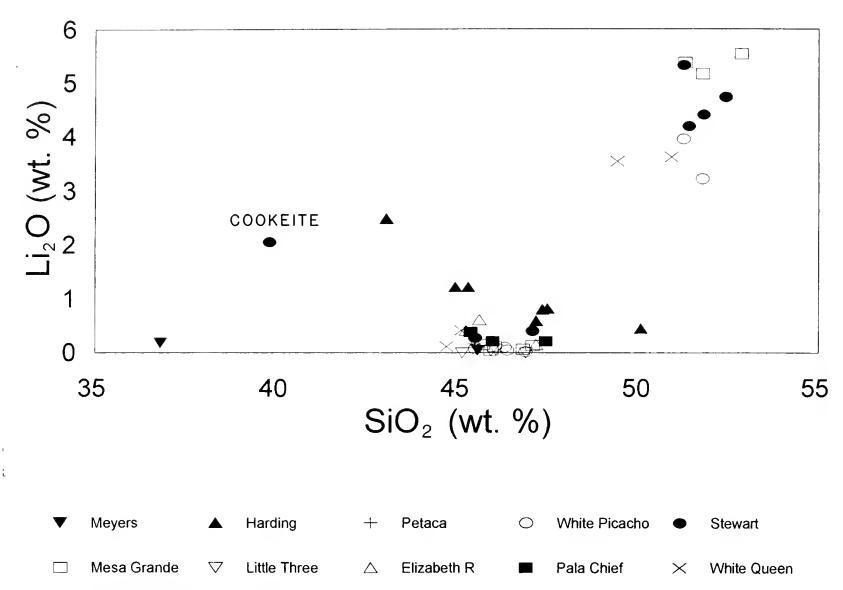



Fig. 9 - Li_2O vs. SiO_2 distribution in micas.

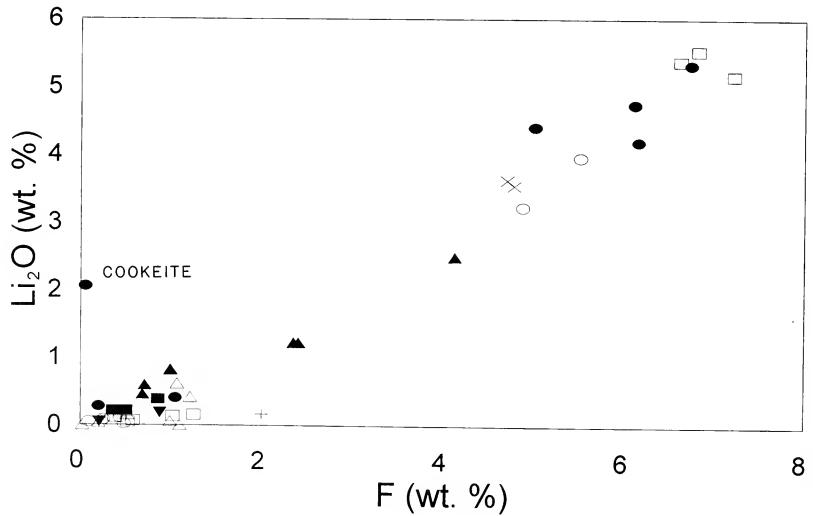



Fig. 10- Li_2O vs. F distribution in micas.

mines), this correlation is not so obvious. Ga is low (about 100 ppm) in lepidolite relative to muscovite (100 to 400 ppm). Nb contents vary from low to high for both muscovites and lepidolites. B is low (about 300 ppm) in lepidolite (except for one sample, EEF-2, from the Little Three mine) but may be 600 ppm or more in some muscovites. The Little Three mine is anomalous in its behavior of B, as evidenced by B-containing lepidolite and the presence of the new mineral boromuscovite (Foord *et al.*, 1991). Two samples of muscovite contain significant B contents: Himalaya mine 220B (1100 ppm B) and White Picacho 38 (1500 ppm B). One sample (EEF-2) of pale purple, fine-grained, low-Li lepidolite from a frozen pocket in the main dike on the Little Three mine contained 0.35 wt. % B_2O_3.

A close clustering of muscovites and a somewhat less dense clustering of lepidolites is shown on an Li_2O vs. SiO_2 plot (Fig. 9). Micas from the Harding mine show a negative rather than positive trend for Li_2O vs. SiO_2. F vs. SiO_2 is very similar to Li_2O vs. SiO2. A linear positive trend is shown by Li_2O vs. F (Fig. 10), reflecting the mica evolution with time. H_2O and F show a strong negative correlation reflecting the coupled substitution of the two (Fig. 11). All of these plots show the distinction between the species of micas analyzed.

Conclusions

This study of additional K-feldspars and micas from previously studied granitic pegmatites in the southwestern USA, has confirmed observations and conclusions published previously. Expected elemental fractionation trends are present in both K-feldspars and micas. The greater the degree of pegmatite evolution, the higher the content of Li, Rb, Cs, and Tl in both feldspars and micas, along with F and Li in micas. The confirmation of two types (colors) of zinnwaldite has been established from the Harding mine. A significantly greater number of complete mica analyses now exists for all of these pegmatites. The amount of B present in the pegmatitic micas was of particular interest, but only three samples were found to have >1100 ppm B.

Structural state studies of K-feldspars show the existence of orthoclase rims and crystals in cavities (Pala, CA) with Δt values of 0.0-0.3 and Δt" values of 0.16-0.34. Rim feldspar is enriched in Ba and Sr along with Pb but depleted in Rb, Cs, and Tl in comparison with core feldspar.

Acknowledgments

The authors thank V. A. Grigoryeva of the Vinogradov Institute of Geochemistry, Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia for her careful analyses of 43 mica samples. We also thank Galina G. Afonina (now deceased) for X-ray determination of the structural states of the feldspars examined. We thank the following mine owners in San Diego Co., CA for access to their mines for sampling purposes: Blue Sheppard (Stewart mine); L.B. Spaulding, Jr. (Little Three mine); Roland R. Reed (Ocean View-Elizabeth R mines), Robert Dawson (White Queen mine), and William F. Larson and John McLean (Himalaya mine). Reviews of this manuscript were provided by W. B. Simmons, Jr. and Peter J. Modreski.

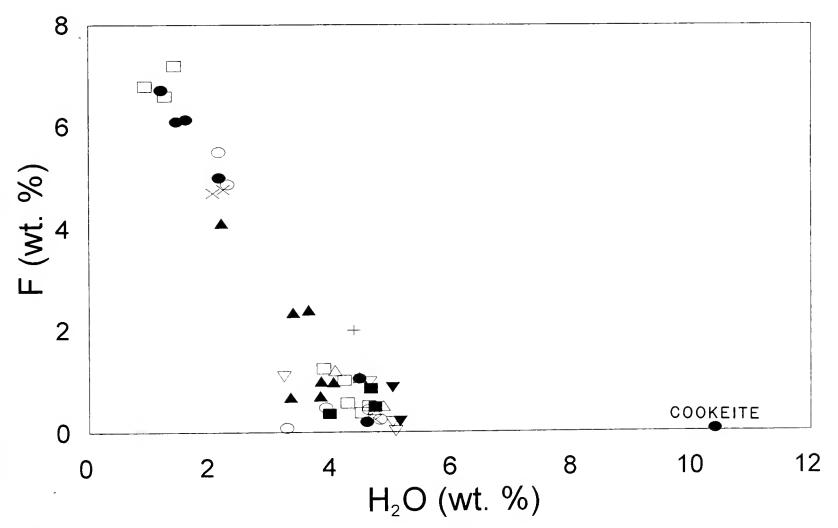



Fig. 11- H_2O vs. F distribution in micas.

References

Afonina G.G., 1995 - Determination of Al-Si ordering trend and quantities of Al in tetrahedral positions of potash feldspars using a powder X-ray method. *Zapiski Vseross. Mineral. Obshchestva*, 124 (3): 65-79. (In Russian)

Afonina G.G., Makagon V.M. and Shmakin B.M., 1978 - Barium- and rubidium-containing potassium feldspars. *Nauka Publishing House*, Novosibirsk, 111 p. (in Russian)

Bambauer H.U., Krause C. and Kroll H., 1989 - TEM-investigation of the sanidine/microcline transition across metamorphic zones: the K-feldspar varieties. *European Journal of Mineralogy*, 6: 47-58.

Brookins D.G., Chakoumakos B.C., Cook C.W., Ewing R.C., Landis G.P. and Register M.R., 1979 - The Harding Pegmatite. Summary of recent research. 30th Field Conference, *New Mexico Geol. Soc. Guidebook*: 127-133.

Černý P., 1991 - Rare-element granitic pegmatites. Part I: anatomy and internal evolution of pegmatite deposits. *Geoscience Canada*, 18 (2): 49-67.

Chakoumakos B.C. and Lumpkin G.R., 1990 - Pressure-temperature constraints on the crystallization of the Harding pegmatite, Taos County, New Mexico. *Canadian Mineralogist*, 28: 287-298.

Dal Negro A., De Pieri R., Quareni S. and Taylor W.H., 1978 - The crystal structures of nine K-feldspars from the Adamello massif (northern Italy). *Acta Crystallographica*, B34: 2699-2707.

Dal Negro A., De Pieri R. and Quareni S., 1980 - The crystal structures of nine K-feldspars from the Adamello massif (northern Italy). *Acta Crystallographica*, B36: 3211.

Foord E.E., 1976 - Mineralogy and petrogenesis of layered pegmatite-aplite dikes in the Mesa Grande district, San Diego County, California. *Ph.D. thesis Stanford University*, Stanford, CA. 326 pp.

Foord E.E., 1977 - Famous Mineral Localities. The Himalaya dike system, Mesa Grande district, San Diego, California. *Mineralogical Record*, 8: 461-474.

Foord E.E., Martin R.F. and Long P.E., 1979 - Potassic feldspars from pocket pegmatites, San Diego County, California. *Geological Society of America Annual Meeting*, Abstracts with programs, 11 (7) 427p.

Foord E.E., Starkey H.C. and Taggart J.E. Jr., 1986 - Mineralogy and paragenesis of 'pocket clays' and associated minerals in complex granitic pegmatites, San Diego County, California. *American Mineralogist*, 71: 428-439.

Foord E.E., Spaulding L.B., Mason R.A. and Martin R.F., 1989 - Mineralogy andparagenesis of the Little Three mine pegmatites, Ramona district, San Diego County, California. *Mineralogical Record*, 20: 101-127.

Foord E.E., London David, Kampf A.R., Shigley J.E. and Snee L.W., 1991 - Gem-bearing pegmatites of San Diego County, California. In: Walawender M.J. and Hanan B.B. eds., Geological Excursions in Southern California and Mexico. Guidebook for the 1991 Annual Meeting, *Geological Society of America*, San Diego, California, October 21-24: 128-146.

Foord E.E., Martin R.F., Fitzpatrick J.J., Taggart J.E. Jr. and Crock J.G., 1991 - Boromuscovite, a new member of the mica group, from the Little Three mine pegmatite, Ramona district, San Diego County, California. *American Mineralogist*, 76: 1998-2002.

Griffen D.T. and Johnson B.T., 1984 - Strain in triclinic alkali feldspars. A crystal structure study. *American Mineralogist*, 69: 1072-1077.

Heinrich E.Wm. and Levinson A.A., 1953 - Studies in the mica group; mineralogy of the rose muscovites. *American Mineralogist*, 38: 25-49.

Horsky S.J. and Martin R.F., 1977 - The anomalous ion-exchange behavior of "ordered" orthoclase. *American Mineralogist*, 62: 1191-1199.

Jahns R.H., 1952 - Pegmatite deposits of the White Picacho District, Maricopa and Yavapai Counties, Arizona. *Arizona Bureau of Mines Bulletin*, 162, 105 pp.

Jahns R.H., 1979 - Gem-bearing pegmatites in San Diego County, California. The Stewart Mine, Pala district and the Himalaya mine, Mesa Grande district. In: Abbott P.L. and Todd V.R. eds., Mesozoic Crystalline Rocks: San Diego, California. *San Diego State University, Dept. of Geological Sciences*: 3-38.

Jahns R.H. and Ewing R.C., 1976 - The Harding mine, Taos County, New Mexico. *New Mexico Geological Society Guidebook*, 27th Field Conference, Vermejo Park: 263-276.

Jahns R.H. and Ewing R.C., 1977 - The Harding Mine, Taos County, New Mexico. *Mineralogical Record*, 2: 115-126.

Jahns R.H. and Wright L.A., 1951 - Gem- and lithium-bearing pegmatites of the Pala district, San Diego County, California. *California Division of Mines and Geology,* Special Report 7-A.

Koval P.V., Kovalenko V.I., Kuzmin M.I., Pisarskaya V.A. and Yurchenko S.A., 1972 - Mineral parageneses, composition, and nomenclature of micas from rare-metal albite-bearing granitoids. *Doklady Akad. Nauk SSSR*, 202 (5): 1174-1177.

Kroll H. and Ribbe P.H., 1983 - Lattice parameters, composition and Al-Si ordering in alkali feldspars. In: P.H. Ribbe ed., Feldspar mineralogy. *Mineralogical Society of America, Reviews in Mineralogy*, 2: 57-99.

Kroll H. and Ribbe P.H., 1987 - Determining (Al-Si) distribution and strain in alkali feldspars using lattice parameters and diffraction peak positions. A review. *American Mineralogist*, 72: 491-506.

Kuznetsova L.G. and Zagorsky V.Ye., 1984 - Micas from metasomatites of rare-metal field of spodumene pegmatites. *Doklady Akad. Nauk SSSR*, 275 (1): 151-155 (in Russian).

Lagache M., 1984 - The exchange equilibrium distribution of alkali and alkaline earth elements between feldspars and hydrothermal solutions. In: Brown W. ed. Feldspars and Feldspathoids. *Reidel*, Boston: 247-279.

Lapides I.L., Kovalenko V.I. and Koval P.V., 1977 - Micas of rare-metal granitoids. *Nauka Publishing House*, Novosibirsk, 104 pp. (In Russian).

London D.A., 1979 - Occurrence and alteration of lithium minerals, White Picacho pegmatites, Arizona. *M.S. thesis, Arizona State Univ.*, Tempe, AZ.

London D.A., 1986 - Holmquistite as a guide to pegmatitic rare metal deposits. *Economic Geology*, 81: 704-712.

London D.A. and Burt D.M., 1978 - Lithium pegmatites of the White Picacho District, Maricopa and Yavapai Counties, Arizona. In: Burt D.M. and Pewe T.L. editors. Guidebook to the geology of central Arizona. *Arizona Bureau of Geology and Mineral Technology, Special Paper* 2: 61-72.

London D.A. and Burt D.M., 1982 - Alteration of spodumene, montebrasite, and lithiophilite in pegmatites of the White Picacho District, Arizona. *American Mineralogist*, 67: 97-113.

Post J.L. and Austin G.S., 1993 - Geochemistry of micas from Precambrian rocks of northern New Mexico. Circular 202, *New Mexico Bureau of Mines and Mineral Resources*, 20 pp.

Sebastian A. and Lagache M., 1990 - Experimental study of the equilibration between pollucite, albite, and hydrothermal fluid in pegmatitic systems. *Mineralogical Magazine*, 54: 447-454.

Shigley J.E. and Brown G.E., 1985 - Occurrence and alteration of phosphate minerals at the Stewart pegmatite, Pala district, San Diego County, California. *American Mineralogist*, 70: 395-408.

Shmakin B.M., 1979 - Composition and structural state of K-feldspars from some U.S. pegmatites. *American Mineralogist*, 64: 49-56.

Shmakin B.M. and Afonina G.G., 1967 - X-ray determination of triclinicity in potash feldspars for the solution of rock genesis problems. *Doklady Akad. Nauk SSSR*, 173 (2): 417-420. (In Russian)

Stern L.A., Brown G.E. Jr., Bird D.K., Jahns R.H., Foord E.E., Shigley J.E. and Spaulding L.B. Jr., 1986 - Mineralogy and evolution of the Little Three pegmatite-aplite layered intrusive, Ramona, California. *American Mineralogist*, 71: 406-427.

Stevens R.L., 1938. New analyses of lepidalites and their interpretation. *American Mineralogist*, 23: 607-628.

Taylor B.E., Foord E.E. and Friedrichsen H., 1979 - Stable isotope and fluid-inclusion studies of gem-bearing granitic pegmatite-aplite dikes, San Diego County, California. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 68: 187-205.

Zagorsky V.Ye. and Makrygin A.I., 1976 - Evolution of mica composition at the exocontacts of tantalum-bearing pegmatites. *Geokhimiya*, 9: 1362-1369. (In Russian)

Zagorsky V.Ye. and Kuznetsova L.G., 1990 - Geochemistry of spodumene pegmatites and alkali-rare metal metasomatites. *Nauka Publishing House*, Novosibirsk, 141 p. (In Russian)

Zagorsky V.Ye. and Peretyazhko I.S., 1992 - Gem-bearing pegmatites of Central Transbaikalia. *Nauka Publishing House*, Novosibirsk, 224 p. (in Russian)

Memorie della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale, Milano
Vol. XXX, pp. 73-109, 2000

Crystal structures of alkali feldspars from granitic pegmatites: A review

Achille Blasi* and Carla De Pol Blasi*

Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi, Via Botticelli 23, 20133-Milano, Italy

Abstract - Granitic pegmatites represent a unique natural laboratory that is extremely efficient in the synthesis of alkali feldspars of different structural states. The crystal structure determinations available to date for alkali feldspars from granitic pegmatites were obtained from 29 different specimens, of which 22 are K-rich feldspars, 6 are Na-rich feldspars, and 1 is a crypto-perthitic intergrowth of K- and Na-rich feldspar. The structure determinations of 26 specimens were carried out by single-crystal X-ray diffraction methods; 1 specimen of "ordered orthoclase" and 2 specimens of low albite were investigated by single-crystal neutron diffraction. In view of their importance, the crystal structures of some specimens were refined using different sets of intensity data from the same specimen or re-refined subsequently. Some structure determinations have become obsolete but remain of historical value. The vast majority of crystal structures were determined using natural specimens at room temperature: natural K-rich feldspars include specimens of low microcline (*Pellotsalo*, 2 specimens; *Prilep*, 2 specimens; *Pikes Peak*, 3 specimens; *Khibiny*), intermediate microcline (*Spencer U*; *Adamello P17C*), "ordered orthoclase" (*Himalaya*, investigated by neutron diffraction), orthoclase (*Khibiny*; *Spencer C*; *Itrongay*, 2 specimens), and sanidine (*Rabb Canyon*; *Buck Claim*, 4 specimens); natural Na-rich feldspars include specimens of low albite (*Ramona*; *Amelia*, 2 specimens, one of them investigated by neutron diffraction) and high albite (*Rabb Canyon*, the same cryptoperthitic specimen as that used for determining the crystal structure of the coexisting sanidine). Some specimens were thermally treated and quenched to room temperature: quenched specimens were then used in structure refinements at room temperature (high sanidine produced by pre-heating of either orthoclase, *Itrongay*, a third specimen, *Spencer C*, or low microcline, *Bedford*; high albite produced from pre-heating of low albite, *Amelia*, a third specimen) or at high temperatures (monalbite produced from pre-heated low albite, *Amelia*, a fourth specimen). Some natural specimens were used in structure determinations at low temperatures (low microcline at 163 K, *Prilep*, the same specimen as one of the two specimens investigated at room temperature; orthoclase at 121 K, *Itrongay*, the same specimen as that investigated at room temperature; low albite at 93 K, *Ramona*, the same specimen as that investigated at room temperature; low albite at 13 K, *Amelia*, a fifth specimen, investigated by neutron diffraction). Appropriate Tables are presented in the Appendix; these contain information on geological occurrence of the specimen as well as compositional and crystallographic data. A review is presented for each specimen as regards metric and structural properties as well as composition and degree of lattice strain due to coherency between exsolved phases. Aspects of particular interest are emphasized and indicated as subjects for future work. Reference values for Al-O and Si-O distances have been proposed for low microcline and low albite on the basis of the data available to date, including those from non-pegmatitic alkali feldspars.

Riassunto - Le pegmatiti granitiche rappresentano un laboratorio naturale unico, che è estremamente efficiente nel sintetizzare feldspati alcalini aventi stati strutturali differenti. Le determinazioni di struttura cristallina attualmente disponibili per feldspati alcalini provenienti da pegmatiti granitiche furono ottenute da 29 differenti campioni, dei quali 22 sono feldspati ricchi di K, 6 sono feldspati ricchi di Na, e 1 è una intercrescita criptopertitica di feldspato ricco di K e di feldspato ricco di Na. Le determinazioni di struttura di 26 campioni furono effettuate mediante metodi diffrattometrici a raggi X su cristallo singolo; 1 campione di "ortoclasio ordinato" e 2 campioni di albite bassa furono studiati mediante diffrazione neutronica su cristallo singolo. Data la loro importanza, le strutture cristalline di alcuni campioni furono raffinate usando serie diverse di dati di intensità raccolti per lo stesso campione, oppure furono ri-raffinate in tempi successivi. Alcune determinazioni di struttura sono diventate obsolete ma conservano un valore storico. In larga maggioranza le strutture cristalline furono determinate a temperatura ambiente usando campioni naturali: i feldspati naturali ricchi di K includono campioni di microclino basso (*Pellotsalo*, 2 campioni; *Prilep*, 2 campioni; *Pikes Peak*, 3 campioni; *Khibiny*), di microclino intermedio (*Spencer U*; *Adamello P17C*), di "ortoclasio ordinato" (*Himalaya*, studiato mediante diffrazione neutronica), di ortoclasio (*Khibiny*; *Spencer C*; *Itrongay*, 2 campioni) e di sanidino (*Rabb Canyon*; *Buck Claim*, 4 campioni); i feldspati naturali ricchi di Na includono campioni di albite bassa (*Ramona*; *Amelia*, 2 campioni, uno dei quali studiato mediante diffrazione neutronica) e di albite alta (*Rabb Canyon*, lo stesso campione criptopertitico usato per determinare la struttura cristallina del sanidino coesistente). Alcuni campioni furono trattati termicamente e "quenched" a temperatura ambiente: i cam-pioni "quenched" furono poi usati per raffinamenti di struttura a temperatura ambiente (sanidino alto prodotto mediante pre-riscaldamento sia di ortoclasio, *Itrongay*, un terzo campione, *Spencer C*, sia di microclino basso, *Bedford*; albite alta prodotta me-diante pre-riscaldamento di albite bassa, *Amelia*, un terzo campione) o ad alte temperature (monalbite prodotta mediante pre-riscaldamento di albite bassa, *Amelia*, un quarto campione). Alcuni campioni naturali furono usati in determinazioni di struttura a basse temperature (microclino basso a 163 K, *Prilep*, lo stesso campione di uno dei due campioni studiati a temperatura ambiente; ortoclasio a 121 K, *Itrongay*, lo stesso campione studiato a temperatura ambiente; albite bassa a 93 K, *Ramona*, lo stesso campione studiato a temperatura ambiente; albite bassa a 13 K, *Amelia*, un quinto campione, studiato mediante diffrazione neutronica). Nella Appendice vengono presentate appropriate Tabelle le quali contengono informazioni sulla provenienza geologica dei campioni insieme con i loro dati composizionali e cristallografici. Ogni campione è oggetto di "review" per quanto riguarda proprietà metriche e strutturali, come pure composizione e grado di "strain" reticolare dovuto a coerenza tra fasi essolte. Aspetti di particolare interesse vengono evidenziati e indicati come argomenti per lavori futuri. Valori di riferimento per le distanze Al-O e Si-O vengono proposti per microclino basso e albite bassa sulla base dei dati disponibili finora, i quali includono anche i dati di feldspati alcalini non pegmatitici.

Key words: alkali feldspar, crystal structure, Al-O distance, Si-O distance, granitic pegmatite.

* E-mail address: umimin@icil64.cilea.it

Introduction

Granitic pegmatites represent geological environments of particular significance for alkali feldspar mineralogy. The large amount of data available in the literature on metric properties determined by routine X-ray powder diffraction methods shows that alkali feldspars from pegmatites exhibit a variety of structural states. This means that granitic pegmatites can be regarded as a unique natural laboratory that is extremely efficient in synthesizing different alkali feldspars.

The efficiency of the pegmatite lab in producing a variety of feldspar structures is largely due to the action of aqueous fluids. Their abundance influences the subsolidus history of alkali feldspars in promoting exsolution and Si,Al ordering, the latter proceeding often to completion. A sudden decrease in *P*(fluid) can be followed by rapid nucleation and growth of highly disordered feldspar material. In other circumstances, an explosive release of the fluid medium from pocket systems may occur, with consequent interruption of exsolution and Si,Al ordering processes. As a result, granitic pegmatites may contain essentially fully ordered alkali feldspars inverted from originally monoclinic precursors, as well as structurally intermediate and essentially fully disordered K-rich feldspars.

Circulation of aqueous fluids at low temperatures in open systems can produce crystals of highly ordered K-rich feldspar, that have developed directly within the field of stability of microcline. Otherwise, low-temperature hydrothermal processes can produce late generations of K-rich feldspars showing a range of structural states. Rare examples of quenched pegmatites contain sanidine and high albite in cryptoperthitic intergrowth.

Attention will be focused on all the environmental situations that were recorded by pegmatitic alkali feldspars used in structure determinations. Metric and structural properties, along with composition and degree of lattice strain due to coherency between exsolved phases, enable the fine details of the nature of alkali feldspar to be properly explored.

To accomplish this thoroughly, a number of pegmatitic alkali feldspars were thermally treated and then quenched in laboratory experiments: the crystal structure of these specimens was determined either at room temperature or at high temperatures. Otherwise, the crystal structures of unheated specimens were investigated at low temperatures.

We will present a review of all these specimens, including pioneering investigations that were of particular significance to settle problems and to contribute to the development of modern aspects of alkali feldspar mineralogy.

Methods

The estimate of the structural state from metric properties was obtained by means of the Δ method, which is based on the structural indicators $\Delta(bc)$ and $\Delta(b^*c^*)$, normalized between 0.5 and 1.0, and $\Delta(\alpha\gamma)$ and $\Delta(\alpha^*\gamma^*)$, normalized between 0.0 and 1.0 (see Blasi & De Pol Blasi, 1994). The values of the structural indicators were calculated with the procedure of Blasi (1977) and the reference values suggested by Blasi & De Pol Blasi (1994, p. 68) for the lattice constants of the alkali feldspar end-members. These reference values include the data proposed by Stewart & Wright (1974) for high sanidine and high albite, those proposed by Kroll & Ribbe (1987) for high albite (analbite), and those obtained from the average of the direct lattice constants proposed by Smith (1974a), Stewart & Wright (1974), and Kroll & Ribbe (1987) for low microcline. The new data for low microcline are: a = 8.5931, b = 12.9643, c = 7.2221 Å, α = 90.636, β = 115.948, γ = 87.668°, V = 722.84 Å^3, a^* = 0.129522, b^* = 0.077201, c^* = 0.153991 Å^{-1}, α^* = 90.428, β^* = 64.056, γ^* = 92.284°, V^* = 0.0013834 Å^{-3}; the lattice constants for the other end-members are reported in Table 5 of Blasi & De Pol Blasi (1994). The resulting values of the structural indicators $\Delta(bc)$, $\Delta(b^*c^*)$, $\Delta(\alpha\gamma)$, and $\Delta(\alpha^*\gamma^*)$ may be slightly different from the corresponding data calculated by earlier authors using a different set of lattice constants for the alkali feldspar end-members: e.g., the difference $\Delta(bc) - \Delta(b^*c^*)$, which was – 0.049 in Blasi *et al.* (1984b) for the Pellotsalo microcline (see also the relevant section in this work), becomes –0.047, as can be seen from the data in Table A1-a.

Compositions in terms of N_{Or} contents were calculated from V and a with the equations of Kroll *et al.* (1986) and Hovis (1986) listed in Table 1 of Blasi & De Pol Blasi (1994). The equation number referred to a given N_{Or} value in the present work, as is the case of "N_{Or} from V: 0.964 (eq. 8)" or "$N_{Or}(V$: eq. 8) = 0.964", corresponds to the equation number in Table 1 of Blasi & De Pol Blasi (1994).

The evaluation of the degree of lattice strain due to coherency between exsolved K- and Na-rich phases was obtained from the difference $N_{Or}(a) - N_{Or}(V)$ (Blasi & De Pol Blasi, 1980, 1994; Blasi *et al.*, 1984b, 1987a) and the strain index $\Delta a = a(\text{obs}) - a(\text{est})$ (Stewart & Wright, 1974), where a(est) is obtained from a contoured bc plot. Other determinative methods which are summarized in Blasi & De Pol Blasi (1994), can also be used.

For the sake of uniformity, the values of mean T-O distances, <T-O>, were recalculated with 4 decimals from individual T-O distances. The σ values in $\langle T\text{-O}\rangle$ distances were calculated from the Law of Propagation of Errors (see Blasi, 1977) using standard errors of individual T-O distances and assuming that (a) individual T-O distances can be considered as uncorrelated, and (b) co-variance terms can be neglected.

The values of the Al contents of the T sites were calculated with the procedure of Blasi & De Pol Blasi (1994, eqs. 18 and 19) using individual T-O distances as starting data and the new reference values for Al-O and Si-O suggested in this work (see the relevant section). Thus, equations (18) and (19) of Blasi & De Pol Blasi (1994) become:

$$t_i = 0.25(\langle T_i\text{-O}\rangle - 1.614/(\langle\langle T\text{-O}\rangle\rangle - 1.614) \quad (1)$$

$$t_i = 0.25 + 0.75(\langle T_i\text{-O}\rangle - \langle\langle T\text{-O}\rangle\rangle/(1.738 - \langle\langle T\text{-O}\rangle\rangle) \quad (2)$$

for K-rich feldspars, and:

$$t_i = 0.25(\langle T_i\text{-O}\rangle - 1.613/(\langle\langle T\text{-O}\rangle\rangle - 1.613) \quad (3)$$

$$t_i = 0.25 + 0.75(\langle T_i\text{-O}\rangle - \langle\langle T\text{-O}\rangle\rangle)/(1.742 - \langle\langle T\text{-O}\rangle\rangle) \quad (4)$$

for Na-rich feldspars. In these equations, $\langle\langle T\text{-O}\rangle\rangle$ denotes the grand mean T-O distance, which is obtained from the average of the 16 individual T-O distances in the 4 tetrahedra $T1o$, $T1m$, $T2o$, and $T2m$. Equations (1) and (2), or (3) and (4), are to be used with $\langle T_i\text{-O}\rangle$ distances shorter and longer than $\langle\langle T\text{-O}\rangle\rangle$, respectively. The relevant values of σ were calculated from the Law of Propagation of Errors (see Blasi, 1977) using standard errors of individual T-O distances, adopting the same assumptions (a) and (b) as those employed for calculating σ values in $\langle T\text{-O}\rangle$ distances, and assuming that Al-O and Si-O distances are constants.

Tables A1 and A2 of the Appendix present information on specimen description and geological occurrence, crystal dimensions, lattice constants, structural indicators $\Delta(bc)$, $\Delta(b^*c^*)$, $\Delta(\alpha\gamma)$, and $\Delta(\alpha^*\gamma^*)$, composition in terms of N_{Or} contents calculated from V and a, discrepancy factors and number of diffractions used in structure refinement, <T-O> distances and Al contents of T sites for K- and Na-rich feldspars, respectively, from granitic pegmatites. In each feldspar group the sequence of specimens is presented in decreasing Si,Al order, and, under the same degree of Si,Al order, in chronological order of publication of the papers concerned (the oldest first). The information assembled includes data regarding: (*i*) room-temperature crystal structures of natural specimens, (*ii*) room-temperature crystal structures of pre-heated specimens, (*iii*) high-temperature crystal structures of pre-heated specimens, (*iv*) low-temperature crystal structures of natural specimens. Items (*i*), (*ii*), and (*iv*) are covered in both Tables A1 and A2; item (*iii*) is covered in Table A2. The organization and contents of the text follow the presentation of data given in Tables A1 and A2.

Most of the sets of reciprocal lattice constants were recalculated during this study: in such cases the relevant s values were not given. The values of N_{Or} contents obtained from V and a are meaningless for crystal structures determined at low or high temperatures. However, these values were given in Tables A1 and A2 for purposes of comparison with the corresponding data obtained at room temperature.

In spite of the considerations on the swinging-arm effect in the section on the reference values for Al-O and Si-O distances in alkali feldspars, the Al contents of the T sites in K- and Na-rich feldspars used in structure determinations at non-ambient temperatures were presented in Tables A1 and A2 for the sake of comparison with the corresponding data obtained at room temperature.

Room-temperature crystal structures of natural K-rich feldspars

Pellotsalo low microcline. The Pellotsalo microcline is a feldspar known in the mineralogical literature since the end of the last century (see Blasi *et al.*, 1987a, for historical notes). B.E. Brown & Bailey (1964) attributed its geological provenance to a granitic body on the island of Pellotsalo, Lake Ladoga, Russia. By contrast, Blasi *et al.* (1987a) documented that the Pellotsalo microcline comes from a granitic pegmatite. Among the references mentioned for this purpose by Blasi *et al.* (1987a), see especially Eskola (1951, pp. 39-40). The original sampling was made before the region changed from Finnish to Russian control (see B.E. Brown & Bailey, 1964; also Eskola, 1951): that is the reason why the sample locality is frequently described in mineralogical literature as being from Finland.

The crystal structure determined by B.E. Brown & Bailey (1964) represented for more than twenty years the best reference point for the structural state of low microcline. Blasi *et al.* (1984b) analyzed in detail the structure determined by B.E. Brown & Bailey (1964) in the context of a study concerning the crystal structures of two crystal fragments from the Pikes Peak low microcline. To accomplish their analysis, Blasi *et al.* (1984b) prepared a total of 81 diagrams by plotting data points of individual interatomic distances and angles *versus* the $\langle T1o\text{-O}\rangle$ distance for all the specimens of K-rich feldspar available at that time. The structure of the Pellotsalo microcline, in spite of its venerable age and its R value of 0.104, showed data points in good alignment with those for triclinic K-rich feldspars (except the Pontiskalk microcline of Finney & Bailey, 1964: an authigenic specimen whose structure was poorly refined because of the low number of $|Fo|$ data used in the refinement). Apparently, the Pellotsalo specimen on the basis of its $\langle T\text{-O}\rangle$ distances and the Al contents calculated therefrom (see Table A1-a and Fig. 1) could be considered a hyper-ordered microcline. By contrast, its metric properties (see Table A1-a) as well as the optic axial angle and the extinction angle on (001) ($2V_X = 82.5°$ and $X'\Lambda a = 17°$: B.E. Brown & Bailey, 1964) are consistent with the structural state of a normal low microcline. In addition, Blasi *et al.* (1984b) noted in the Pellotsalo specimen a discrepancy of $\Delta(bc) - \Delta(b^*c^*) = -0.049$. This value (-0.047 from the data in Table A1-a: see the section on methods) is particularly high when compared with that of other specimens of low microcline, in the light of the findings of Blasi (1980) on the behavior of $\Delta(bc)$ and $\Delta(b^*c^*)$ in alkali feldspar.

All these problems could be solved when a re-examination of the Pellotsalo microcline became available by Blasi *et al.* (1987a), who investigated a specimen kindly supplied by S.W. Bailey. The specimen comes from the same crystal as that employed by B.E. Brown & Bailey (1964) to isolate the fragment that they used in structure refinement. Single-crystal photographs showed that the fragment chosen by Blasi *et al.* (1987a) for their structure refinement consists of a dominant K-rich phase and a very minor Na-rich phase. The K-rich phase shows sharp spots, some of which are accompanied by short streaks lying on curves of constant θ.

The Pellotsalo specimen is coarsely perthitic: this made it possible to perform microprobe analyses of both the K- and the Na-rich phase, which gave the compositions $Or_{93.62}Ab_{6.10}An_{0.05}Cn_{0.02}Rbf_{0.21}$ and $Or_{1.05}\ Ab_{98.07}An_{0.88}$ mol%, respectively. The microprobe composition of the K-rich phase is slightly less potassic than that obtained from V [$N_{Or}(V$: eq. 3) 0.956, $N_{Or}(V$: eq. 8) 0.958: Table A1-a], probably because the volume excited by the electron beam contains small amounts of an exsolved Na-rich phase (see Stewart & Wright, 1974; Blasi *et al.*, 1984a, 1984b, 1987a; Blasi & De Pol Blasi, 1994). The small difference $N_{Or}(a$: eq. 9) - $N_{Or}(V$: eq. 8) of -0.007 (see Table A1-

a) and the value of the Δa index of -0.023 Å indicate that the Pellotsalo microcline is free of lattice strain due to coherency stresses between exsolved K- and Na-rich phases.

The crystal structure was refined to low values of R and wR (0.027 and 0.030, respectively). The $\langle T\text{-O}\rangle$ distances are consistent with the metric properties and the structural indicators obtained by means of the Δ method (see Table A1-a) in indicating that the degree of Si,Al order corresponds to that of a normal low microcline rather than to that of a hyper-ordered microcline. The contrasting structural states resulting from old and new refinement of the two Pellotsalo specimens are displayed in Fig. 1 in terms of Al contents derived from $\langle T\text{-O}\rangle$ distances. The new structure refinement is of great value for estimating Al-O and Si-O distances in K-rich feldspar, which are necessary to convert T-O distances to Al contents of the T sites (see the relevant section; also Table 1 and Table 2).

Blasi *et al.* (1987a) also re-investigated the metric properties determined by B.E. Brown & Bailey (1964): the above-mentioned discrepancy between $\Delta(bc)$ and $\Delta(b^*c^*)$ led to discovery of a probable error in the β^* angle. This was corrected and the new value made it possible to calculate a new set of lattice constants (see Table A1-a). The latter, along with the atomic coordinates of B.E. Brown & Bailey (1964), were used by Blasi & De Pol Blasi (unpubl.) to calculate a new set of interatomic distances and angles. These, however, are not significantly different from those published by B.E. Brown & Bailey (1964).

Blasi *et al.* (1987a) reviewed the contrasting genetic interpretations formulated concerning the Pellotsalo feldspar during this century. These are due to the ambiguous occurrence of irregular patches of cross-hatching in the K-rich phase. Actually, the diffraction spots in single-crystal photographs show no evidence of monoclinic ancestry in the K-rich phase. However, the shape and position of the weak diffraction spots from the coexisting Na-rich phase may be interpreted in favor of an incipient M-type association, which would indicate that exsolution took place in a monoclinic environment. Considering that several lines of evidence indicate that the Pellotsalo microperthite formed by exsolution, the high Na-content of the bulk composition ($Or_{72}Ab_{27}An_1$ mol%: Goldsmith & Laves, 1961) is of key importance in confirming primary growth in the monoclinic field. In addition, according to Blasi *et al.* (1987a), the moderate enrichment in Rb and the low concentration of Ba in the K-rich phase suggest that the Pellotsalo microperthite formed at a temperature just above that of the monoclinic-triclinic inversion.

Prilep low microcline. The specimen was investigated by Strob (1983) for his Diplomarbeit. Partial data were published by Kroll & Ribbe (1983: Table 3; also Ribbe, 1984: Table 3), and Smith & Brown (1988: Fig. 3.6).

The specimen is a coarsely twinned amazonite from a granitic pegmatite, sampled in the Čanište II quarry, near Prilep, Macedonia. The optic axial angle, $2V_X = 83°$, and the extinction angle on (001), $X'\Lambda a = 17°$, are consistent with the extreme structural state of low microcline. These results are confirmed by the metric properties and the structural indicators presented in Table A1-a. The N_{Or} contents obtained from V indicate that the composition of the Prilep microcline is highly potassic [$N_{Or}(V$: eq. 3) 0.964, $N_{Or}(V$: eq. 8) 0.965: Table A1-a]. The difference $N_{Or}(a$: eq. 9) - $N_{Or}(V$: eq. 8) (-0.003: see Table A1-a) is consistent with the value of the Δa index (-0.009 Å) in indicating absence of lattice strain due to coherency between exsolved phases. The crystal structure of the Prilep microcline was refined to low values of R and wR (0.0240 and 0.0265, respectively). The values of $\langle T\text{-O}\rangle$ distances and Al contents derived therefrom (see Table A1-a and Fig. 1) are consistent with the optical and metric data in indicating that the specimen is extremely ordered.

The data for the Prilep microcline are very close to those for the Pellotsalo (Blasi *et al.*, 1987a) and the Pikes Peak (Blasi *et al.*, 1984b; Blasi & De Pol Blasi, 1994) specimens of low microcline. However, unlike the Pellotsalo and the Pikes Peak specimens, the Prilep microcline is an amazonite, which usually contains appreciable amounts of Pb. In spite of this, the Prilep microcline should be considered an excellent specimen for evaluating the Al-O and Si-O distances in K-rich feldspar (see the relevant section; also Table 1 and Table 2).

Pikes Peak low microcline. Blasi *et al.* (1984b) refined the structure of two crystal fragments, 7813A and 7813B, selected from a 14-mm^3 cleavage block (specimen 7813) from an overgrowth of white to colorless microcline coating the late magmatic, bluish green, amazonitic microcline perthite (specimen 7816) in the so-called "Ray Ziegler" pocket. This pocket, which measures roughly 90 × 180 × 30 cm, occurs in a pegmatite at Crystal Peak, Pikes Peak batholith, Colorado, U.S.A.

Single-crystal photographs indicate that the Pikes Peak microcline is virtually free from exsolved Na-rich phase and twins or related structures, but produces sharp diffraction spots suggesting structural homogeneity. X-ray powder diffractometer patterns show extraordinarily sharp peaks indicating that the material investigated is particularly well crystallized and structurally homogeneous, at least within the limits of the 14-mm^3 cleavage block. In fact, the values of the lattice constants from powder data are very close to those determined by single-crystal diffractometer data for crystal fragments 7813A and 7813B (see Table A1-a).

A series of electron microprobe analyses of several fragments from the same 14-mm^3 feldspar block gave the composition $Or_{94.3}Ab_{5.2}An_{0.0}Cn_{0.1}Rbf_{0.4}$ mol%. As with the Pellotsalo microcline (see the relevant section), the microprobe composition is slightly less potassic than that obtained from cell volume V [$N_{Or}(V$: eq. 3) 0.973, $N_{Or}(V$: eq. 8) 0.974: powder 7813; 0.971, 0.973: fragment 7813A; 0.962, 0.963: fragment 7813B; Table A1-a]. These compositions are slightly more potassic than those determined for the Pellotsalo microcline [$N_{Or}(V$: eq. 3) 0.956, $N_{Or}(V$: eq. 8) 0.958: Table A1-a]. The differences $N_{Or}(a$: eq. 9) - $N_{Or}(V$: eq. 8) (-0.011: powder 7813; -0.017: fragment 7813A; -0.010: fragment 7813B; Table A1-a), and the Δa index (-0.027 Å: powder 7813; -0.037: fragment 7813A; -0.028: fragment 7813B) indicate absence of lattice strain due to coherency between exsolved phases.

The crystal structure of both specimens was refined to R and wR values of 0.033 and 0.033, respectively, for specimen 7813A, and 0.031 and 0.034, respectively, for specimen 7813B. These values are comparable with those ob-

tained for the Pellotsalo microcline re-examined by Blasi *et al.* (1987a) (see Table A1-a). The ⟨*T*-O⟩ distances and the Al contents calculated therefrom (see Table A1-a and Fig. 1) are consistent with the lattice constants and the structural indicators derived therefrom (see Table A1-a) in indicating that the degree of Si,Al order of both Pikes Peak crystal fragments corresponds to that of an extremely ordered microcline. The 7813A and 7813B specimens are excellent candidates for use to estimate the Al-O and Si-O distances in K-rich feldspar (see the relevant section; also Table 1 and Table 2).

The findings by Blasi *et al.* (1984b) also contributed to a better understanding of the end stages of evolution of a typical pocket assemblage in the anorogenic Pikes Peak complex. Microcline overgrowth 7813 probably formed below the temperature of the monoclinic-triclinic inversion. This is consistent with the low concentration of Ba (BaO: 0.04 wt%, either by electron microprobe or spectrographic analyses), the virtual absence of Sr (SrO: 0.00 and <0.001 wt%, by electron microprobe and spectrographic analyses, respectively) and the high concentration of Rb (Rb_2O: 0.14 wt%, either by electron microprobe or spectrographic analyses). Lead, which is enriched in the amazonitic microcline substrate 7816 (PbO: 1.62 wt%, N.M. Conklin, priv. comm., in Blasi *et al.* 1984b), is virtually absent in 7813 (PbO: <0.02 wt%, by spectrographic analysis), which may imply an important hiatus between host and overgrowth and a modification of the fluid's composition. The high degree of Si,Al order in microcline overgrowth 7813 is considered a reflection of the mild alkalinity of the residual supercritical aqueous fluid phase that operated at the end stage of a protracted history of differentiation of an anorogenic basic magma.

Blasi & De Pol Blasi (1994) subjected a third crystal from the Pikes Peak overgrowth to structure refinement. The specimen, denoted as 7813C, is a cleavage fragment separated from the same 14-mm^3 feldspar block employed by Blasi *et al.* (1984b) to obtain the two crystals 7813A and 7813B.

The lattice constants determined for specimen 7813C are very close to those obtained for the other feldspar material from overgrowth 7813 (see Table A1-a), and the same applies to quantities derived from lattice constants, e.g. the composition in terms of N_{Or} [N_{Or}(*V*: eq. 3) 0.962, N_{Or}(*V*: eq. 8) 0.964: Table A1-a], the difference N_{Or}(*a*: eq. 9) - N_{Or}(*V*: eq. 8) (-0.008: Table A1-a), and the the Δa index (-0.018 Å).

Blasi & De Pol Blasi (1994) made a thorough collection of intensity data measuring a total of 14966 diffractions in the 2θ(Mo$K\alpha$) range 3-100°. Two standard structure refinements were done in the 2θ(Mo$K\alpha$) ranges 3-60 [refinement (a)] and 3-100° [refinement (b)], respectively (see Table A1-a). The *R* and *wR* values are 0.016 and 0.018, respectively, in the former, and 0.019 and 0.020, respectively, in the latter. These values are definitely lower compared with the corresponding ones in the other low microcline specimens(see Table A1-a). The values of σ in ⟨*T*-O⟩ distances, which amount to 0.001 Å in the Pellotsalo microcline and in Pikes Peak specimens 7813A and 7813B, reduce to 0.0004 and 0.0003 Å in cleavage fragment 7813C, with reference to refinement (a) and refinement (b), respectively (see Table A1-a). The latter values of σ are similar to those obtained by Strob (1983) for his Prilep microcline. The ⟨*T*-O⟩ distances from refinements (a) and (b) represent excellent data for estimating the Al-O and Si-O distances in K-rich feldspar (see the relevant section; also Table 1 and Table 2). Blasi & De Pol Blasi (1994) observed that the values of the *T*-O distances are very similar to the corresponding values in specimens 7813A and 7813B. However, they noted that the ⟨*T*2*m*-O⟩ distance in microcline 7813C, i.e. 1.6159(4) [refinement (a)] or 1.6158(3) Å [refinement (b)], seems to be somewhat longer than in specimens 7813A and 7813B, in which it is equal to 1.614(1) (see Table A1-a). This is, however, an idiosyncratic feature of specimen 7813C, because the same value also resulted from other data collections obtained for the same specimen with the same or a different diffractometer.

In view of the high quality of the intensity data collected for specimen 7813C, Blasi & De Pol Blasi (1994) explored several models for determining the composition in K-rich feldspar from K,Na site refinements. The results of the investigation will be considered in the section dealing with the Rabb Canyon sanidine. In addition, Blasi & De Pol Blasi (1994) used the intensity data collected for specimen 7813C in an attempt to explore the possibility of determining *T*-site occupancies from Si,Al site refinements. The attempt was successful: the separation of Si and Al atoms occurred in a number of cycles of least-squares site refinement depending on the type of the model employed. Several models of *T*-site refinement were investigated and the results were critically discussed.

Khibiny low microcline. Borutskiy *et al.* (1985) refined the crystal structures of an adularia and a low microcline occurring in pegmatites from urtites and rischorrites, respectively, in the central arc of the Khibiny massif, Kola Peninsula, Russia. As regards the adularia specimen, see the section on the Khibiny adularia.

Turning to the low microcline, this is specimen No. 1667 from a pegmatite in the pyroxene rischorrites of the "Eudialyte Ridge" on Mt. Kukisvumchorr in the Khibiny massif. Borutskiy *et al.* (1985) presented three complete sets of chemical analyses for the Khibiny microcline showing contrasting results, especially for Ca. In ternary terms, the composition adopted was $Or_{96}Ab_{3.5}Rbf_{0.3}$ mol% (the English translation contains a misprint of the Rbf content, i.e. 0.8 instead of 0.3 mol%). The specimen, however, also contains an appreciable amount of ferric iron (0.45-0.46 wt% Fe_2O_3), which corresponds to ~1.5 mol% $KFeSi_3O_8$

Borutskiy *et al.* (1985) reported eight sets of lattice constants for their specimen, which were determined by several investigators. The set of lattice constants presented in Table A1-a is that adopted in their work. The N_{Or} contents calculated from *V* yielded exceptionally pure compositions [N_{Or}(*V*: eq. 3) 0.994, N_{Or}(*V*: eq. 8) 0.996: Table A1-a]. The difference N_{Or}(*a*: eq. 9) - N_{Or}(*V*: eq. 8) (0.005: see Table A1-a) and the Δa index (0.018 Å) indicate that the specimen is free from lattice strain due to coherency between exsolved phases. The values of the structural indicators calculated from metric properties (see Table A1-a) indicate that the specimen is a low microcline showing residual Si,Al disorder.

The crystal structure was refined to an R value of 0.036. The ⟨T-O⟩ distances and the Al contents derived therefrom confirm that the specimen is not completely ordered (see Table A1-a and Fig. 1). The Khibiny low microcline, therefore, cannot be used for determining the reference values for Al-O and Si-O distances.

According to Borutskiy *et al.* (1985) the properties of the alkali feldspars may be useful in exploration for apatite in the Khibiny massif. In particular, they can be used to resolve the problem of assigning rocks of uncertain origin to the nepheline syenite complex or to the melteigite-urtite complex, associated with the famous Khibiny apatite deposits. Borutskiy *et al.* (1985) observed that the coexistence of adularia and low microcline in the melteigite-urtite and the rischorrites of Khibiny reflects either a multistage formation for these rocks, or unusual conditions during which the simultaneous formation of different structural modifications of K-rich feldspar occurred.

Spencer U intermediate microcline. The specimen is classified as a microcline-microperthite in the suite of alkali feldspars described by Spencer (1937), and comes from the mica-bearing pegmatite of Kodarma, Bihar, India. It is almost glass-clear and shows a medium coarse microperthitic texture of the string or film types (Spencer, 1937). The K-rich phase shows patches of cross-hatching (Bailey & Taylor, 1955).

The first structure analysis of the Spencer U microcline was undertaken by Bailey & Taylor (1955), who cut small untwinned cubes with a razor blade from regions in between the cross-hatched areas of a cleavage flake. The lattice constants, obtained from weighted average of data from 6 feldspar cubes, showed interaxial angles intermediate between those for monoclinic symmetry and those for the highest degree of triclinic geometry. The collection of Weissenberg intensity data started with cube No. 1 and, after its loss, continued with cube No. 4 (see Table A1-a). Combined data from the two feldspar cubes were used in 2D (R = 0.095 for $0kl$ diffractions and R = 0.098 for $hk0$ diffractions) and 3D (R = 0.154 for all diffractions and R = 0.138 for a new set of $|Fc|$ values calculated on the basis of the last atomic parameters) Fourier refinements. A total of 2652 diffractions was employed. The ⟨T-O⟩ distances from 3D results gave clear proof of partial ordering in microcline: ⟨$T1o$-O⟩ = 1.700, ⟨$T1m$-O⟩ = 1.645, ⟨$T2o$-O⟩ = 1.614, and ⟨$T2m$-O⟩ = 1.611 Å (sub-sites o and m are interchanged in respect to those of the original study, in accordance with Laves's (1951) convention for the orientation of axes in microcline).

Later, Bailey (1969) made a least-squares refinement of Spencer U microcline using 2124 diffractions selected from the original data employed by Bailey & Taylor (1955). Adopting Laves's (1951) convention, Bailey (1969) interchanged the sub-sites o and m, transformed the lattice angles α and γ, and corrected the β value from that of the original study (see Table A1-a). The R values dropped to 0.080, and the ⟨T-O⟩ distances, listed in Table A1-a, gave definite proof that the Spencer U specimen is an intermediate microcline. This may be seen from the diagram in Fig. 1, derived from ⟨T-O⟩ distances, and is also confirmed by the structural indicators calculated from lattice constants in Table A1-a.

The extent of the perthitic exsolution (bulk composition $Or_{84.63}Ab_{12.51}An_{1.40}$ wt%: Spencer, 1937; $N_{Or}(V)$ = 0.94: Table A1-a) and the irregular patches of cross-hatching in the K-rich phase indicate that the Spencer U specimen is a complex feldspar material.

The difference $N_{Or}(a$: eq. 9) - $N_{Or}(V$: eq. 8) = 0.033 (Table A1-a: set of lattice constants from Bailey, 1969) suggests that the K-rich phase could be affected by lattice strain due to coherency with the exsolved Na-rich phase. This effect is confirmed by a Δa value of 0.068 Å, and is consistent with the bulk composition observed. The set of lattice constants determined later by Wright & Stewart (1968) from X-ray powder diffractometer data confirms lattice strain (see Table A1-a; also Stewart & Wright, 1974, Fig. 9). In addition, the extinction angle on (010) is 7.5° (Spencer, 1937): a value slightly higher than normal, which suggests cryptoperthitic exsolution, and hence lattice strain (see Stewart, 1974; Stewart & Wright, 1974).

The Spencer U microcline shows a variable $2V_X$: 76.5°, measured by Spencer (1937), and a range of values from 69 to 72°, measured by Finney & Bailey (1964) in the crystal chip used by Bailey & Taylor (1955) for structure analysis. Finney & Bailey (1964) adopted a value of 70.5°, the middle of their observed range of $2V_X$ values.

In their crystal fragments, Bailey & Taylor (1955) observed weak extra diffractions from the exsolved Na-rich phase, which did not seriously disturb the refinement. In different crystal fragments of Spencer U specimen, Smith & MacKenzie (1959) and Smith (1974a, Fig. 6-13; also 1974b, p. 455) observed diffuse diffractions elongated in the direction of the b axis and centered on position hkl with $(h + k)$ odd. These diffractions violate C-face centering and are indicative of a $P2_1/a$ structural arrangement (see Blasi & De Pol Blasi, 1994, pp. 90-92, for review of models). The same specimens also showed the main spots with $(h + k)$ even to be associated with diffuse streaks in the direction of spots for the M-type association of microcline.

In conclusion, the Spencer U microcline, a historical example of intermediate structure between low microcline and $C2/m$ K-rich feldspars, comes from a complex microperthite: the K-rich phase shows irregular optical cross-hatching, slight lattice strain, rather variable $2V_X$, and X-ray evidence of fine scale domain textures, including the $P2_1/a$ structural arrangement.

Adamello P17C high microcline. The specimen is from a suite of 9 K-rich feldspars, which were subjected to structure refinement by Dal Negro *et al.* (1978; 1980; see also De Pieri, 1979). The 9 specimens come from tonalite, quartz-diorite, aplite and pegmatite of the Adamello massif, Northern Italy.

Single-crystal X-ray photographs show that all specimens are untwinned homogeneous crystals, free from diffuse streaks, and do not display the extra diffractions hkl with $(h + k)$ odd, commonly observed in specimens of adularia. One of the Adamello feldspars is clearly monoclinic, two are metrically monoclinic and structurally triclinic, and the others are definitely triclinic. The structural state of the triclinic specimens ranges from high to low microcline, and the feldspar suite de-

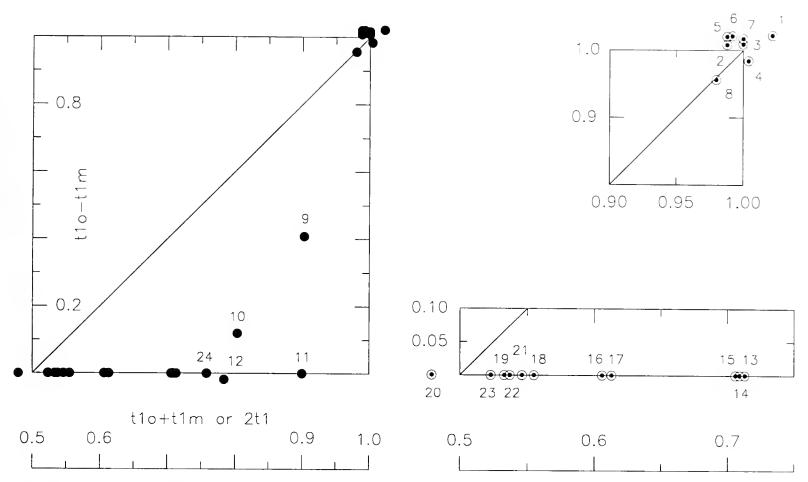



Fig. 1 - Relation between sum and difference of Al contents in *T1o* and *T1m* sites, i.e. t1o + t1m and t1o - t1m, in specimens of K-rich feldspar from granitic pegmatites used in structure refinements. The values of t1o + t1m (in the case of triclinic simmetry) or 2t1 (in the case of monoclinic simmetry) and t1o - t1m were obtained from ⟨*T*-O⟩ distances following the procedure developed by Blasi & De Pol Blasi (1994, eqs. 18 and 19) and using the reference values for Al-O and Si-O distances given in the relevant section of this work. *Room-temperature crystal structures of natural specimens*: 1 Pellotsalo low microcline (B.E. Brown & Bailey, 1964); 2 Pellotsalo low microcline (Blasi *et al.*, 1987a); 3 Prilep low microcline (Strob, 1983); 4 and 5 Pikes Peak low microcline 7813A and 7813B, respectively (Blasi *et al.*, 1984b); 6 and 7 Pikes Peak low microcline 7813C refinements (a) and (b), respectively (Blasi & De Pol Blasi, 1994); 8 Khibiny low microcline (Borutskiy *et al.*, 1985); 9 Spencer U intermediate microcline (Bailey, 1969); 10 Adamello P17C high microcline (Dal Negro *et al.*, 1978); 11 Himalaya "ordered orthoclase" (Prince *et al.*, 1973); 12 Khibiny adularia (Borutskiy *et al.*, 1985); 13 Spencer C orthoclase (Colville & Ribbe, 1968); 14 Itrongay orthoclase (Kimata *et al.*, 1996); 15 Itrongay orthoclase (Nyfeler *et al.*, 1998); 16 Rabb Canon sanidine (Keefer & Brown, 1978); 17, 18, 19 and 20 Buck Claim adularia Buck-18-IV, Buck-18-III, Buck-18-II and Buck-18-I, respectively (Ferguson *et al.*, 1991). *Room-temperature crystal structures of pre-heated specimens*: 21 Itrongay high sanidine (Nyfeler *et al.*, 1998) ; 22 Spencer C high sanidine (Ribbe, 1963); 23 Bedford high sanidine (Blasi *et al.*, 1987a). *Low-temperature crystal structure of natural specimen*: 24 Itrongay orthoclase at 121 K (Kimata *et al.*, 1996).

scribes, on the whole, a typical intermediate two-step ordering path.

According to Dal Negro *et al.* (1978), the triclinic specimens crystallized (or recrystallized) directly with triclinic symmetry. On the whole, the Adamello feldspars would represent structural states corresponding to equilibrium conditions at the moment of crystallization or possible subsequent recrystallization.

Specimen P17C is from a tourmaline-muscovite-bearing pegmatite dike. Its bulk composition, obtained from chemical analysis, is $Or_{87.1}Ab_{12.0}An_{0.1}Cn_{0.0}Rbf_{0.8}$ mol%. Unlike the other 8 non-pegmatitic feldspars from the Adamello massif, specimen P17C does contain Rb and is free from Ba. The composition from *V*, [N_{Or} 0.92: Table A1-a], is consistent with weak exsolution, as is expected in *C2/m* K-rich feldspars rather than in $C\bar{1}$ K-rich feldspars, in which exsolution proceeds to larger extents with a simultaneous increase in Si,Al order. Indeed, metric properties and structural indicators in Table A1-a indicate that the P17C specimen is a highly disordered triclinic K-rich feldspar. The difference N_{Or}(*a*: eq. 9) - N_{Or}(*V*: eq. 8) = 0.024 (see Table A1-a) and the value of the Δa index, 0.028 Å, are consistent with absence of lattice strain due to coherency between exsolved phases.

The crystal structure was refined to an *R* value of 0.032. The ⟨*T*-O⟩ distances and the Al contents derived therefrom (Table A1-a and Fig. 1) confirm that the specimen is a highly disordered microcline. Together with other specimens of a similar structural state, P17C is of great value for clarifying the position of the switchover between *C2/m* and $C\bar{1}$ symmetry in K-rich feldspars.

Himalaya "ordered orthoclase". The specimen, investigated by Prince *et al.* (1973), is from the Himalaya tourmaline mine (Jahns, 1954: map 8, locality 20), in the Mesa Grande pegmatite district, San Diego County, California, U.S.A. The pegmatite at Himalaya mine is an example of asymmetrically-zoned pegmatite dike with aplitic footwall portion, as displayed by the schematic cross section in Fig. 5B of Jahns & Burnham (1969; also Jahns, 1982). A detailed survey on the Himalaya pegmatite-aplite dike system was given by Foord (1977), and further data can be found in Taylor *et al.* (1979), Černý (1982), Martin (1982), G.E. Brown & Ewing (1986), Foord *et al.* (1986), and London (1986).

Prince *et al.* (1973) described in detail the occurrence of the Himalaya specimen: long pendants of microcline perthite, growing from the hanging wall of the dike, grade into orthoclase perthite in the central portion of the peg-

matite, near the gem pockets; the orthoclase perthites are coated by a gem-quality, single-phase orthoclase overgrowth, up to 1 cm thick, where they project into the gem pockets.

Prince *et al.* (1973) performed a neutron diffraction structure refinement on a cleavage fragment taken from the gem-quality orthoclase overgrowth. The compositions determined by wet chemical analysis and by electron microprobe analysis are $Or_{87.4}Ab_{10.4}An_{0.3}Cn_{0.5}\ Rbf_{1.5}$ mol% and $Or_{88.6}Ab_{9.9}An_{0.0}Cn_{0.0}Rbf_{1.5}$ mol%, respectively (recalculated in this work from original data).

The wet chemical analysis shows 0.44 wt% H_2O^+, liberated between 117 and 1000 °C, which was initially attributed by Prince *et al.* (1973) to hydroxyl-for-oxygen substitution in the crystal structure. Both analyses show a relatively high Rb content, whereas the amount of Ba is small and the relevant data are contrasting. The Ca content is very small and the relevant data are also contradictory. The Na contents are very close to each other in both analyses, and are in the range observed in the monoclinic K-rich phase of many microperthites. The Himalaya specimen, however, is largely free from any exsolved Na-rich phase, as indicated by the close interrelationship of the following data: Or = 87.4 mol% (from wet chemical analysis), Or = 88.6 mol% (from microprobe analysis), $N_{Or}(V)$ = 0.891 (from eq. 2, Table A1-a), $N_{Or}(V)$ = 0.883 (from eq. 6, Table A1-a), and $N_{Or}(a)$ = 0.894 (from eq. 7, Table A1-a).

Further data come from another crystal fragment of the Himalaya specimen heated by Horsky & Martin (1977) to 1000 °C for 1 h. After heating, the fragment appeared to be milky, and this unexpected behavior was attributed by Horsky & Martin (1977) to decrepitation of fluid inclusions and propagation of the fluid along cracks and cleavages in the chip. The compositions from V and a in this specimen [$N_{Or}(V$: eq. 2)= 0.906, $N_{Or}(V$: eq. 6)= 0.896, and $N_{Or}(a$: eq. 7) = 0.899: calculated as indicated in the section on methods, from original data in Table 2 of Horsky & Martin, 1977], compared with the data for the unheated specimen, would confirm that the Himalaya K-rich feldspar is essentially a single-phase crystal. This is consistent with the absence of lattice strain due to coherency between exsolved phases, as indicated in the unheated specimen by the difference $N_{Or}(a$: eq. 7) – $N_{Or}(V$: eq. 6) = 0.011 (see Table A1-a) and by the value of Δa = 0.048 Å. The experiment mentioned, performed by Horsky & Martin (1977), was also useful for confirming that H_2O^+ from the wet chemical analysis in the Himalaya specimen is not related to hydroxyl-for-oxygen substitution in the structure, as initially envisaged by Prince *et al.* (1973).

The values of b and c, or b^* and c^*, of the Himalaya specimen investigated by Prince *et al.* (1973) are consistent with strong Si,Al order in T sites: $\Delta(bc)$ = 0.918 and $\Delta(b^*c^*)$ = 0.869 (see Table A1-a). The difference $\Delta(bc) - \Delta(b^*c^*)$ is 0.049: a value that is somewhat high, and possibly related to the value of the β angle, 116.073(9)°, which in turn is somewhat high for a K-rich feldspar (see Blasi, 1980).

Prince *et al.* (1973) made precession and Weissenberg X-ray photographs of single crystals from the same specimen as that employed for neutron diffraction. Although these photographs were exposed to CuKa radiation for periods of time of up to 100 h, Prince *et al.* (1973) did not observe the diffuse extra diffractions hkl with $(h + k)$ odd, typical of adularia specimens, nor could they detect any evidence of twinning.

Using neutron-diffraction data, Prince *et al.* (1973) refined the crystal structure of the Himalaya specimen to R = 0.031 (wR = 0.035). The $\langle T\text{-O}\rangle$ distances are consistent with strong Si,Al order in the T sites: the value of 2t1 is 0.900(7) (see Fig. 1 and Table A1-a), which is very close to the above-mentioned values of $\Delta(bc)$ and $\Delta(b^*c^*)$. By contrast, direct refinement of T-site occupancies indicates that the Himalaya specimen reached the highest possible Si,Al order compatible with monoclinic symmetry, i.e. t1 = 0.5 and t2 = 0, since the experimental results gave t1 = 0.516(29) and t2 = –0.016(29). On the basis of the results from T-site refinement, Prince *et al.* (1973) adopted the name "ordered orthoclase" for the Himalaya specimen. Later, Horsky & Martin (1977) concluded that the Himalaya orthoclase is distinct, the first documented example of the "theoretical" maximum low sanidine or "theoretical" orthoclase structure type.

Stewart & Wright (1974) cast doubt upon the reliability of neutron site refinement because the metric properties, the $\langle T\text{-O}\rangle$ distances and the optic axial angle ($2V_X$ = 63°) of the Himalaya specimen indicate incomplete Si,Al order for monoclinic symmetry. Furthermore, Stewart & Wright (1974) reported that Wones *et al.* (1967) and Crosby (1971) described the occurrence of monoclinic K-rich feldspars with metric properties implying more Si,Al order than that of the Himalaya specimen. The existence of more ordered specimens, according to Stewart & Wright (1974), also indicates that the Himalaya specimen is not completely ordered.

Smith (1974a, p. 68; also Smith & Brown, 1988, p. 44) reported that, in thin section, the extinction in the Himalaya specimen is uneven; lattice refinement in the neutron diffractometer gave indications of triclinic geometry; single-crystal X-ray patterns show diffuseness of diffractions which would be split in twinned low microcline. From these data Smith (1974a, p. 68; also Smith & Brown, 1988, p. 44) concluded that the Himalaya specimen is not the same as theoretical low sanidine, and that it is a domain-twinned microcline with such strong coherence that the physical properties are pseudo-monoclinic.

To sum up: optic axial angle, lattice constants and $\langle T\text{-O}\rangle$ distances are in close agreement in indicating that the Himalaya specimen is extremely ordered. The Al contents from T-site refinement of neutron data are probably biased. On the other hand, it is known that the determination of T-site occupancies from Si,Al site refinements of neutron scattering lengths may present problems (e.g., Kroll & Ribbe, 1983, p. 58 and p. 67; Ribbe, 1984, p. 38; Fitz Gerald *et al.*, 1986, p. 1404; Ribbe, 1994, p. 9). In spite of this, the Himalaya specimen might be considered as a unique example of an average feldspar structure made up of a domain-twinned microcline with domains so perfectly balanced and strongly coherent as to mimic the structure of a low sanidine, close to the theoretical end-member low sanidine.

The genetic conditions of the Himalaya gem-quality, single-phase "ordered orthoclase" are rather difficult to understand: indeed, the specimen coexists with K-rich

feldspars of different structural states within the same pegmatite dike, and formed in a pegmatite gem pocket, which is a water-rich environment, likely to promote Si,Al ordering in K-rich feldspar.

According to Prince *et al.* (1973), the crystal growth of the Himalaya "ordered orthoclase" from hydrothermal fluids in a gem-bearing pocket was presumably very slow, in agreement with the regional cooling, that occurred in a mesozonal plutonic environment (the country rock is gabbroic). Prince *et al.* (1973) proposed that the Himalaya orthoclase persisted metastably to lower temperatures, probably because of its stable, balanced Al distribution in the *T*1 sites, and suggested that "ordered orthoclase" does have a field of thermodynamic stability close to the pegmatite solidus.

Thereafter Martin (1974) proposed a stable-phase-equilibrium diagram for alkali feldspars with two first-order transitions for $KAlSi_3O_8$: one between fully disordered sanidine and "ordered orthoclase", at approximately 800 °C, and the other between "ordered orthoclase" and maximum microcline, at approximately 590 °C.

Later, Horsky & Martin (1977) emphasized that the ordered structure of the Himalaya orthoclase survived metastably, perhaphs because of sudden and explosive loss from the pegmatitic system of a suitable aqueous medium for Si,Al ordering to proceed.

On the basis of data obtained by Taylor *et al.* (1979), Martin (1982) stated that the Si,Al ordering in the Himalaya "ordered orthoclase" occurred in gem pockets at 565-525 °C. Indeed, the data of Taylor *et al.* (1979), obtained from stable isotope and fluid inclusion studies, showed that minerals in gem-bearing pockets from pegmatite-aplite dikes in San Diego County grew from aqueous fluids from 565 to 520 °C, and perhaps lower, under pressures of at least 2000 bars. These data were criticized and corrected by London (1986) to approximately 475 and 425 °C between 2800 and 2400 bars. Foord *et al.* (1986) reported *P-T* data for pocket formation as 540-520 °C at 2 kbar (referred to Taylor *et al.*, 1979, and Stern *et al.*, 1986) and 450-500 °C at 2-3 kbar (referred to London, 1986). The comparison and evaluation of these data are baffling. The *P-T* data suggested by London (1986) disclose new prospects for interpretation of genetic conditions of the Himalaya specimen. In fact, they would mean that the Himalaya specimen formed at, or below, the inversion temperature, which is estimated to be 450-500 °C, at low pressure, for K-rich feldspar (e.g., Smith & Brown, 1988, Fig. 1.2). In this case, the conditions of formation of the Himalaya overgrowth would be somewhat similar to those for alpine adularia specimens, which are unstable at all temperatures. In this respect, »ern_ (1994, p. 528) considered the Himalaya overgrowth as a late generation of K-rich feldspar, which formed as a low-temperature hydrothermal phase.

In conclusion, the genetic conditions of the Himalaya K-rich feldspars need further investigation. Determination of the structure of all K-rich feldspar types in the Himalaya dike would be helpful, along with the bulk compositions of both orthoclase and microcline perthites from the pendants. These data, along with the *P-T* data assessed for pocket formation, could be used to enter the phase diagram of alkali feldspars properly.

Khibiny adularia. The specimen, No. 1481/E, is from a pegmatite in massive urtites from the Material'naya shaft in the Yakspor apatite deposit in the central arc of the Khibiny massif, Kola Peninsula, Russia. Borutskiy *et al.* (1985) refined the crystal structure of the adularia and that of a microcline occurring in pegmatites from rischorrites of the same massif (see the section on the Khibiny low microcline).

Borutskiy *et al.* (1985) reported two complete sets of chemical analyses for the Khibiny adularia showing some discrepancies, especially for Ca, as in the case of the Khibiny microcline (see the relevant section). In ternary terms, the composition adopted was $Or_{91}Ab_{7.8}Cn_{1.2}$ mol%. As in the case of the Khibiny microcline, the Khibiny adularia also contains an appreciable amount of ferric iron (1.09-1.16 wt% Fe_2O_3), which corresponds to ~3.8 mol% $KFeSi_3O_8$.

Borutskiy *et al.* (1985) reported four sets of lattice constants for the Khibiny adularia, which were determined by several investigators. The set of lattice constants presented in Table A1-a is that adopted in their work. The composition from V is N_{Or} = 0.92 (see Table A1-a). The difference $N_{Or}(a$: eq. 7) - $N_{Or}(V$: eq. 6) = -0.019 (see Table A1-a) and the value of the Δa index, -0.048 Å, are consistent in indicating that the specimen is free of lattice strain due to coherency between exsolved phases. The values of the structural indicators calculated from metric properties (see Table A1-a) indicate that the degree of Si,Al order of the specimen is rather high for monoclinic symmetry.

Borutskiy *et al.* (1985) refined the crystal structure of the Khibiny adularia to an R value of 0.033 in the space group $C\bar{1}$. However, metric properties are monoclinic, and the discrepancies between values of $\langle T\text{-O}\rangle$ distances for o and m subsites are too small to be indicative of a triclinic structure (see Table A1-a). Note the abnormality of the $\langle T1o\text{-O}\rangle$ distance, which is shorter than the $\langle T1m\text{-O}\rangle$ distance. The Khibiny adularia is slightly less ordered than the Spencer B adularia studied by Colville & Ribbe (1968) [$(\langle T1o\text{-O}\rangle + \langle T1m\text{-O}\rangle)/2$ = 1.662 *versus* $\langle T1\text{-O}\rangle$ = 1.664 Å]. The Khibiny adularia lies at the switchover between monoclinic and triclinic symmetry in K-rich feldspars (see Fig. 1). Borutskiy *et al.* (1985) reported that scans made on a Weissenberg X-ray goniometer showed neither signs of deviation from $C2/m$ symmetry nor evidence of exsolution.

Spencer C orthoclase. The specimen is classified as an orthoclase-microperthite in the suite of alkali feldspars described by Spencer (1937). It is a colorless water-worn pebble, about 2.4 cm across, collected by Spencer (1930) from the gem-washing residues at the Mogok Ruby Mines, Northern Burma. According to Spencer (1930, p. 330) these residues appear to be derived from the weathering of pegmatites intruded into a country-rock of crystalline limestone. The feldspar is optically homogeneous with $2V_X$ = 43.6° and chemical composition $Or_{90.5}Ab_{7.1}An_{2.4}$ mol% (Spencer, 1930, p. 331; also Spencer, 1937, Table I; composition recalculated from original data). The specimen was denoted C by Spencer (1937). Later, specimen C became Spencer C.

The first structure analysis on the Spencer C specimen was made by Chao *et al.* (1940) using two 2D pro-

jections on [100] and [010]. The difference obtained between ⟨T-O⟩ distances (·T1-OÒ = 1.68 and ⟨T2-O⟩ = 1.58 Å) was interpreted as a result of partial Si,Al ordering. However, Cole *et al.* (1949) documented that the accuracy of the data obtained by Chao *et al.* (1940) was too poor to conclude that the values of the of ⟨T-O⟩ distances were i dicative of partial disorder in the Spencer C specimen.

Later, Jones & Taylor (1961a, 1961b) refined the crystal structure of the Spencer C orthoclase to a final *R* value of 0.072 using four 2D projections on [100], [010], [001], and [$\bar{1}$], obtained from Weissenberg data collected from three different crystal fragments (see Table A1-a). The new ⟨T-O⟩ distances established that the specimen is actually partially ordered (⟨T1-O⟩ = 1.652 and ⟨T2-O⟩ = 1.633 Å). Jones & Taylor (1961a, 1961b) adopted in their work the lattice constants determined previously by Cole *et al.* (1949) on an other specimen of Spencer C orthoclase (see Table A1-a).

Colville & Ribbe (1968) reinvestigated the Spencer C specimen. They reported a microprobe analysis made by Smith & Ribbe (1966): the composition $Or_{90.9}Ab_{8.1}An_{0.5}Cn_{0.2}Srf_{0.3}$ mol%, recalculated in this work from original data, is very close to that obtained by Spencer (1930; 1937: see above) from wet chemical analysis. The crystal structure was redetermined by Colville & Ribbe (1968) by a 3D least-squares refinement using |*Fo*| data listed by Jones & Taylor (1961b). The *R* value dropped to 0.054, and the ⟨T-O⟩ distances became: ⟨T1- O⟩ = 1.6555(28) and ⟨T2-O⟩ = 1.6283(26) Å (see Table A1-a). Colville & Ribbe (1968) adopted in their work a set of lattice constants determined by D.B. Stewart by X-ray powder diffractometry. These lattice constants are very close to those obtained by Cole *et al.* (1949). Later, Wright & Stewart (1968) published another set of lattice constants for the Spencer C orthoclase (see Table A1-a), which is slightly different from the set obtained by D.B. Stewart.

All three sets of lattice constants give N_{Or} contents from *V* and *a* that are in close agreement with the "chemical" and microprobe compositions mentioned above [the average of $N_{Or}(V)$ values is ~ 0.89: see Table A1-a]. In addition, the small values of the differences N_{Or}(*a*: eq. 7) − N_{Or}(*V*: eq. 6), in the range −0.002-0.006 (see Table A1-a), and the Δa values, in the range −0.003-0.019 Å, indicate that the Spencer C specimen is free of lattice strain due to coherency between exsolved phases. The agreement between "chemical", microprobe and N_{Or} data, as well as the absence of lattice strain validate the assumption of Spencer (1930, pp. 330-331), according to which most of the Na content in the Spencer C orthoclase is retained in solid solution.

The values of $\Delta(bc)$, in the range 0.716-0.726, and those of $\Delta(b^*c^*)$, in the range 0.702-0.710, are in close agreement with the 2t1 value of 0.713 calculated from the ⟨T-O⟩ distances determined by Colville & Ribbe (1968) (see Table A1-a). In Fig. 1, the representative point of the Spencer C orthoclase plots very close to the two representative points of the Itrongay orthoclase investigated at room temperature by Kimata *et al.* (1996) and Nyfeler *et al.* (1998) (see the relevant sections).

Single-crystal X-ray photographs show that the strongest diffraction spots of the Spencer C orthoclase are accompanied by diffuse streaks in the relation for the M-type association of low microcline (see Smith & MacKenzie, 1959; Jones & Taylor, 1961a, 1961b; McConnell, 1965; Colville & Ribbe, 1968). This poses a major problem concerning the symmetry of the Spencer C orthoclase. The problem was stirred up by Laves in Jones & Taylor (1961a; see also Laves, 1950, 1952). The specimen would not actually be monoclinic: rather, it could be a domain-twinned microcline.

Jones & Taylor (1961a, 1961b) ignored the weak streaks in their structure analysis, and concluded that an attempt to discuss the structure of the Spencer C orthoclase in terms of submicroscopically twinned microcline is unlikely to be physically realistic. Colville & Ribbe (1968), more realistically, regarded the structure of the Spencer C orthoclase as an average structure.

Smith (1974a, p. 73, p. 247; 1974b, p. 455) reported that single-crystal oscillation photographs taken by Smith & MacKenzie (1959) showed that the weaker and longer diffuse streaks of Spencer C orthoclase have an intensity variation different from that of the stronger and shorter diffuse streaks occurring in intermediate microcline as a result of a domain-twinned texture. According to Smith (1974a, pp. 67-68; also Smith & Brown, 1988, p. 44), the former type of streaks might be interpreted as a result of slight development of rudimentary domains in a structure that is essentially monoclinic.

However, the diffuse streaks about the main diffraction spots in many specimens of monoclinic K-rich feldspar result from their tweed texture, which is commonly observed in TEM images. The tweed texture corresponds to a modulated pattern representing an incipient stage of the coarser tartan texture, which results from the M-type association occurring in low microcline. The degree of Si,Al order at which the tweed texture develops in K-rich feldspars is of great interest in alkali feldspar mineralogy, because it represents the switchover from monoclinic to triclinic symmetry.

McLaren & Fitz Gerald (1987) found a value of 2t1 = 0.67 in a tweed orthoclase investigated by CBED (convergent beam electron diffraction) and ALCHEMI (atom location by channelling enhanced microanalysis). TEM investigations performed by Bambauer *et al.* (1989) on the sanidine-microcline transition across metamorphic zones showed that tweed orthoclase develops at 2t1 = 0.69. Later, the latter value was changed to 0.68 by Kroll *et al.* (1991; also Kroll & Knitter, 1991). On the basis of TEM studies, Nord (1992, p. 489) stated that the presence of tweed textures in orthoclase occurs at 2t1 = 0.7 to 0.8. The latter 2t1 range was also adopted by Brown & Parsons (1989, p. 31). Using the Landau theory, Carpenter & Salje (1994) found a value of Q_t = 0.40, i.e. 2t1 = 0.70, at 753 K for the transition between non-modulated and modulated K-rich feldspars.

The above 2t1 values, at which the beginning of the tweed texture would occur in K-rich feldspars, are somewhat smaller than those proposed by other investigators [e.g., Smith, 1974a, Fig. 9-11, $\Delta(b^*c^*)$ = 0.55, normalized between 0 and 1, corresponding to $\Delta(b^*c^*)$ = 2t1 = 0.78, when normalized between 0.5 and 1, as in this work; Eggleton & Buseck, 1980, 2t1 = ~ 0.80; Ribbe, 1983, p. 10, and 1984, p. 7, 2t1 = 0.74; Su *et al.*, 1984, Fig. 4, 2t1 = 0.74; Smith & Brown, 1988, p. 45, ⟨T1o-O⟩ = ⟨T1-O⟩ = ~ 1.660 Å, corresponding to 2t1 = ~ 0.74].

Of all the data mentioned, a 2t1 value of 0.68 may represent an appropriate estimate of the inception of the tweed texture in K-rich feldspars. Thus, the Spencer C specimen, with $\Delta(bc)$ = 0.716-0.726, $\Delta(b^*c^*)$ = 0.702-0.710, and 2t1 from $\langle T\text{-O}\rangle$ distances equal to 0.713 (see above), is expected to show a tweed texture when investigated by TEM techniques. In this light, the Spencer C specimen should be considered an orthoclase rather than a low sanidine. The situation is similar to that discussed earlier for the Himalaya "ordered orthoclase".

From a historical point of view, it should be mentioned that the changeover from low sanidine to orthoclase was assumed by Wright & Stewart (1968) to be marked by their P50-56F orthoclase, a specimen with $\Delta(bc)$ = 0.732 and $\Delta(b^*c^*)$ = 0.721, i.e. with a structural state similar to that of the Spencer C orthoclase.

Itrongay orthoclase. This is a yellow, ferriferous K-rich feldspar of gem quality from a miarolitic pegmatite at Itrongay, near Fianarantsoa, Madagascar. Outcrops of pegmatite are small, and minerals occur on the surface as crystals and fragments in part enclosed in a calcareous tufa of recent formation (see Coombs, 1954). According to Martin (1982) the pegmatite at Itrongay is unusual, and poorly understood from a petrological viewpoint.

With rare exceptions, the Itrongay feldspar is homogeneous and its structural state, on the basis of $2V_X$, ranges from high- to low sanidine (Coombs, 1954). In spite of this, the feldspar is commonly denoted as the Itrongay orthoclase.

The chemical analyses published by Coombs (1954) indicate that the Itrongay feldspar may contain up to 3.25 wt% Fe_2O_3, which corresponds to 12.5 wt% Fe-feld. High iron contents in specimens of gem quality and without any turbidity or visible fine inclusions would involve that most of the iron replaces Al in the T sites. Note that wet chemical analyses reported by Coombs (1954) indicate that divalent iron may also occur.

According to Hofmeister & Rossman (1983, Fig. 1), the yellow color of the Itrongay feldspar is due to absorption bands in the blue region at 418 and 445 nm, due to tetrahedral Fe^{3+}. Further data obtained by Hofmeister & Rossman (1984) by means of optical absorption and electron paramagnetic resonance confirmed that all Fe^{3+} is tetrahedrally coordinated. Behrens *et al.* (1995) investigated the iron content in specimens of Itrongay orthoclase with 0.2-2.4 wt% Fe_2O_3 by means of optical spectroscopy, ^{57}Fe Mössbauer resonance absorption, at 7 K, and electron paramagnetic resonance. Their findings imply that more than 50% of the iron is due to a submicroscopic exsolution of a separate iron-rich phase that may be an iron oxide (Fe_2O_3, Fe_3O_4) or other still unknown phases, which contribute to the magnetic effect observed.

Kimata *et al.* (1996) performed a crystal structure investigation on an Itrongay K-rich feldspar at 296 and 121 K. Their paper was devoted to the low temperature behavior of an orthoclase, rather than to structural study of the Itrongay specimen in itself. Electron microprobe analyses made by Kimata *et al.* (1996) yielded the composition SiO_2 65.88, Al_2O_3 16.52, Fe_2O_3 1.26, and K_2O 16.55 wt%, which shows excess SiO_2, deficient Al_2O_3 + Fe_2O_3, and deficient K_2O for a K-rich feldspar. From these data, Kimata *et al.* (1996) recalculated the chemical formula $(K_{0.946}\square_{0.054})[(Al_{0.902}Fe_{0.044}Si_{3.054})\,O_8]$, in which the deviations from the stoichiometry of a K-rich feldspar are related to the anomalous chemical contents mentioned. Taken at face value, the Fe content determined corresponds to 4.6 mol% Fe-feld. It should be noted that, in this specimen, there is a complete absence of Na_2O.

This section will account for the results concerning Itrongay feldspar at 296 K, whereas its behavior at 121 K will be considered in the relevant section.

Turning to the specimen investigated at 296 K, the absence of Na_2O would be consistent with either the high N_{Or} contents determined from V and a [the average of $N_{Or}(V)$ values is ~ 0.99: see Table A1-a] or the absence of lattice strain [$N_{Or}(a$: eq. 7) - $N_{Or}(V$: eq. 6) = –0.001: see Table A1-a; Δa = –0.006 Å]. Note, however, that substitution of Fe^{3+} for Al in K-rich feldspar produces an expansion of cell edge a (see Smith, 1974a, p. 276).

Refinement of the iron scattering power for the T sites performed by Kimata *et al.* (1996) indicated complete Fe disordering in the framework. Disregarding the influence of iron content, the $\langle T\text{-O}\rangle$ distances (see Table A1-a) indicate that apparently the structure of the Itrongay specimen is very close to that of the Spencer C orthoclase (see the relevant section). Kimata *et al.* (1996) calculated the values of t1 and t2 from $\langle T\text{-O}\rangle$ distances by means of eq. (19) of Blasi & De Pol Blasi (1994). In the present case, however, eqs. (19) and (18) of Blasi & De Pol Blasi (1994) should be used to calculate t1 and t2, respectively. The use of eq. (19) to calculate t2 gives rise to an overestimate of the Al content (0.148 *versus* 0.130: see Table A1-a). Furthermore, it should be noted that Blasi & De Pol Blasi's (1994) equations were developed to calculate Al contents from $\langle T\text{-O}\rangle$ distances in K-rich feldspars with $AlSi_3$ composition. Ignoring the iron content, the Al contents of the Itrongay feldspar given in Table A1-a were plotted in Fig. 1 for comparison with other K-rich feldspars from granitic pegmatites.

More recently, Nyfeler *et al.* (1998) investigated Si, Al, and Fe order-disorder in another specimen of Itrongay orthoclase to understand the mechanism of the Ar diffusion through the feldspar structure in view of its importance to K-Ar geochronology. The specimen was several cm in size: the crystal chip selected for microprobe analyses had a surface of 2-5 mm^2, and appeared to be transparent and homogeneous under the optical microscope. The average composition of the specimen is $(K_{0.95}Na_{0.05})[(Al_{0.95}Fe_{0.05}Si_3)O_8]$, with Na in the range 0.04-0.08 (98% of the analyses showed 0.04 < Na < 0.06) and Fe in the range 0.01-0.05 (98% of the analyses showed 0.04 < Fe < 0.05). Chemically, the Itrongay feldspars investigated by Nyfeler *et al.* (1998) and Kimata *et al.* (1996) differ in their Na contents, and are very similar as regards their Fe contents.

Nyfeler *et al.* (1998) investigated by X-ray diffraction several feldspar fragments from the crystal chip analyzed by the electron microprobe. The fragments were studied in their natural state and after annealing at temperatures up to 950 °C for various periods of time. The lattice constants were determined using a conventional single-crystal diffractometer, and the intensity data were collected by means of a single-crystal diffractometer equipped with a

CCD detector. Complete sets of lattice constants, atomic coordinates and displacement parameters were given for two different crystal fragments, one of them in its natural state (see Table A1-a) and the other after annealing at 900 °C for 672 h (see Table A1-b). For both of them, the individual *T*-O distances were calculated in this work using the ORFFE4 program of Busing *et al.* (1985). Note that the values for the atomic coordinates for *T*1 are inverted with the corresponding data for *T*2 in Table 5 of Nyfeler *et al.* (1998). This section will account for the results concerning the unheated Itrongay feldspar, whereas the results for the annealed specimen will be considered in the section on the Itrongay high sanidine.

Turning to the unheated specimen of Nyfeler *et al.* (1998), the values of *V* and *a* are clearly different from the corresponding values obtained by Kimata *et al.* (1996) for their specimen. As a result, the compositions obtained from *V* and *a* in the former specimen are more sodic than those observed in the latter [the average of $N_{Or}(V)$ values is ~ 0.95 *versus* ~ 0.99: see Table A1-a]: in both specimens, the compositions from *V* and *a* are very close to those determined from microprobe analyses. As with the feldspar of Kimata *et al.* (1996), the specimen of Nyfeler *et al.* (1998) is also free from lattice strain [$N_{Or}(a$: eq. 7) - $N_{Or}(V$: eq. 6) = –0.002: see Table A1-a; Da = –0.011 Å].

In both specimens, the corresponding values of *b* and *c* cell edges are very close to each other, and the same applies to the values of the structural indicators $\Delta(bc)$ and $\Delta(b^*c^*)$ (see Table A1-a). The corresponding values of the $\langle T\text{-O}\rangle$ distances are virtually indistinguishable in both specimens (see Table A1-a). As a result, the data points for the two Itrongay specimens are very close to each other in Fig. 1.

In contrast to the results obtained by Kimata *et al.* (1996), Nyfeler *et al.* (1998) found that Fe is enriched in the *T*1 site, as shown by the structural-chemical formula $(K_{0.95}Na_{0.05})[(Al_{0.662}Fe_{0.05}Si_{1.288})^{T1}(Al_{0.288}Si_{1.712})^{T2}O_8]$. In this formula, the *T*-site occupancies for Al + Fe^{3+} and for Si were obtained by Nyfeler *et al.* (1998) from the average value of t1 calculated from (a) *b* and *c* cell edges and (b) $\langle T\text{-O}\rangle$ distances, using equations (10a) and (5) of Kroll & Ribbe (1983), respectively. The atomic proportion of Fe = 0.05, obtained from microprobe analyses (see above), was distributed between the *T*1 and *T*2 sites by an empirical method based on the values of the electron-density difference observed and calculated for the *T*1 site and for the *T*2 site (see also the section on Itrongay high sanidine).

As observed in the section on the Spencer C orthoclase, a value of 2t1 = 0.68 may correspond to the inception of the tweed texture in K-rich feldspars. Therefore, the Itrongay feldspars investigated by Kimata *et al.* (1996) and Nyfeler *et al.* (1998), with 2t1 = 0.71 from ·*T*-OÒ distances (see Fig. 1 and Table A1-a), could actually be orthoclase specimens.

Further studies are needed on Itrongay K-rich feldspar to ascertain its maximum iron content, and the possibility that iron orders, or not, in the *T* sites, and also occurs in the form of submicroscopic exsolution. Eventually, a thorough knowledge of the relationship between iron behavior and structural state would be helpful to clarify the ordering process in ferriferous K-rich feldspar and genetic aspects of the pegmatite at Itrongay.

Rabb Canyon sanidine. Keefer & G.E. Brown (1978) refined the crystal structures of a sanidine and a high albite coexisting in partially coherent cryptoperthitic intergrowth in a rare example of quenched pegmatite at Rabb Canyon, Grant County, New Mexico, U.S.A. In fact, in the Rabb Park complex, a hypabyssal intrusive rhyolite porhyry carries a cognate suite of quenched fragments of incompletely crystallized granite, aplite, and pegmatite (cf. O'Brient, 1986).

Keefer & G.E. Brown (1978) reported that the Rabb Canyon cryptoperthite forms clear, colorless crystals about 1 cm across, which occur in a matrix of coarsely crystalline quartz. TEM observations showed a fine-scale lamellar texture, with the orientation of the exsolution interface near (601). The lamellar thickness of the dominant K-rich phase is ~ 1000 Å, and that of the Na-rich phase ~ 500 Å. The K-rich phase is an untwinned sanidine, whereas the Na-rich phase is a Pericline-twinned high albite with twin lamellae ~ 50 Å wide. The bulk composition determined by electron microprobe is $Or_{51}Ab_{48}An_{0.1}$ mol%.

As regards the structure of the Rabb Canyon high albite, see the relevant section.

Turning to the Rabb Canyon sanidine, the values of $\langle T\text{-O}\rangle$ distances and Al contents (see Table A1-a and Fig. 1) indicate appreciable Si,Al ordering, which is consistent with that inferred from the structural indicators $\Delta(bc)$ and $\Delta(b^*c^*)$ (see Table A1-a). The specimen is slightly strained, as indicated by the difference $N_{Or}(a$: eq. 5) – $N_{Or}(V$: eq. 4) = 0.047 (see Table A1-a) and by a value of Δa = 0.078 Å. Direct K,Na site refinement gave a value of N_{Or} = 0.65, which contrasts with the N_{Or} contents from *V* in the range 0.84-0.82 (see Table A1-a). Blasi & De Pol Blasi (1994) contended that N_{Or} = 0.65 is an underestimated composition because N_{Or} values from *V* are much higher, and the specimen is not so strained as to justify such a discrepancy of values. Blasi & De Pol Blasi (1994) also observed that: (1) the crystal structure of the Rabb Canyon sanidine is virtually identical to that of the Eifel sanidine #7002, an unstrained feldspar of composition N_{Or} = 0.85 studied by Phillips & Ribbe (1973); (2) the $\langle M\text{-O}\rangle$ distance and, in particular, the individual *M*-O*A*2 distance of the Rabb Canyon sanidine indicate highly potassic composition; (3) the N_{Or} values estimated by Keefer & G.E. Brown (1978) using the method of Robin (1974) and that of Tullis (1975) are 0.92 and 0.79, respectively.

To clarify the situation, Blasi & De Pol Blasi (1994) extensively investigated K,Na site refinement in a K-rich feldspar of well-known composition: the Pikes Peak microcline 7813C (see the relevant section). They explored several models of M-site refinement, and found that the resulting compositions tend to be underestimated unless the particular procedures described are adopted.

Buck Claim adularia. Ferguson *et al.* (1991) refined the crystal structures of four specimens of adularia from an Archean granitic pegmatite at the Buck Claim, Bernic Lake, Manitoba, Canada.

The pegmatite is of the complex (Li, Rb, Cs)-enriched type, petalite subtype (see Černý, 1989). The adularia occurs in open fractures on drusy surfaces in the massive quartz core of the pegmatite, closely associated with more abundant carbonate-rich apatite crystals. The feldspar

crystals, up to 0.25 mm across, show the Felsöbanya-Maderaner habit of adularia described by Černý & Chapman (1986) and are iron-oxide-stained but otherwise colorless. The four crystals used in structure determination were selected from specimen Buck-18 (see Černý & Chapman, 1984). They were denoted by Ferguson *et al.* (1991) as Buck-18-I, -II, -III, and -IV.

Microprobe analyses performed by Ferguson *et al.* (1991) on specimens Buck-18-I and -IV, as well as on four other crystals from specimen Buck-18, yielded exceptionally pure compositions, consistent with Or_{100} mol%. Similar compositions are also expected for specimens Buck-18-II and -III, because the N_{Or} contents from V and a are very high in all four Buck Claim specimens (see Table A1-a).

In the diagram of b and c cell edges, the representative point for specimen Buck-18-IV plots along the low microcline - high sanidine join of the quadrilateral of alkali feldspars, towards the corner for high sanidine. In the same diagram, the representative points for specimens Buck-18-I, -II, and -III lie outside the above quadrilateral, near the corner for high sanidine (Ferguson *et al.*, 1991, Fig. 1; also Blasi & De Pol Blasi, 1994, Fig. 2). The three specimens Buck-18-I, -II, and -III deserve careful attention. Specimens Buck-18-I and -III lie on iso-$\Delta(bc)$ or iso-$\Delta(b^*c^*)$ straight lines (see Blasi, 1977, for their definition; also Blasi & De Pol Blasi, 1994, Fig. 2) which are just outside the quadrilateral of alkali feldspars. Specimens Buck-18-II and -III lie on iso-Or(bc) or iso-Or(b^*c^*) straight lines (see Blasi, 1977, for their definition; also Blasi & De Pol Blasi, 1994, Fig. 2) which are rather far from the quadrilateral of alkali feldspars.

The above observations allow proper comparison of all four specimens Buck-18-I, -II, -III, and -IV to be made in terms of the structural indicators $\Delta(bc)$ and $\Delta(b^*c^*)$ (see Table A1-a) and the strain index Δa. In terms of $\Delta(bc)$ and $\Delta(b^*c^*)$, specimen Buck-18-I [$\Delta(bc) = 0.492$ and $\Delta(b^*c^*) = 0.486$] and specimen Buck-18-III [$\Delta(bc) = 0.472$ and $\Delta(b^*c^*) = 0.469$] show strong Si,Al disorder with anomalous Al contents. By contrast, specimen Buck-18-II [$\Delta(bc) = \Delta(b^*c^*) = 0.518$] shows strong Si,Al disorder with normal Al contents, and specimen Buck-18-IV [$\Delta(bc) = 0.615$ and $\Delta(b^*c^*) = 0.617$] appears to be much more ordered. In terms of Δa, specimen Buck-18-II (Δa = -0.080 Å) and specimen Buck-18-III (Δa = -0.069 Å) show the reverse strain described by Blasi *et al.* (1984a). By contrast, specimen Buck-18-I (Δa = -0.028 Å) and specimen Buck-18-IV (Δa = -0.003 Å) are in a normal range.

The three specimens Buck-18-I, -II, and -III are not unique in their extreme Si,Al disorder. The occurrence of other specimens of adularia with compositions close to the pure end-member $KAlSi_3O_8$ was documented in granitic pegmatites and hydrothermal non-alpine vein deposits by Černý & Chapman (1984; 1986). Their investigations, by X-ray powder diffractometry and infrared absorption spectrometry, showed unusually high Si,Al disorder in these specimens. Another adularia, the Eagle Harbor specimen of Stewart & Wright (1974), also shows b and c values in the range of the corresponding data obtained by »ern_ & Chapman (1984; 1986) from their specimens. The behavior of b and c, as well as b^* and c^*, in all the specimens of adularia investigated by Stewart & Wright (1974), Černý Chapman (1984; 1986), and Ferguson *et al.* (1991) was displayed by Blasi & De Pol Blasi (1994) in their Fig. 2.

Among all these specimens of adularia, those of Ferguson *et al.* (1991) were the sole feldspars used in structure determination. The R values in the four crystals are in the range 0.042-0.058 (Table A1-a). Ferguson *et al.* (1991) attributed these high R values to the poor quality of their specimens, which optically show a strong wavy extinction. The $\langle T\text{-O}\rangle$ distances indicate that the adularia Buck-18-IV is the most ordered specimen among the four crystals studied (Table A1-a): its representative point plots, in Fig. 1, very close to the Rabb Canyon sanidine of Keefer & G.E. Brown (1978). The representative points for specimens Buck-18-II and -III plot, in Fig. 1, approximately half-way between the representative points for specimen Buck-18-IV and specimen Buck-18-I, which is the most disordered specimen.

Ribbe (1994: caption to Fig. 6a) observed that all four refinements by Ferguson *et al.* (1991) show considerably larger than expected $\langle T2\text{-O}\rangle$ and $\langle\langle T\text{-O}\rangle\rangle$ values. This statement derives from the fact that in Fig. 6a of Ribbe (1994) the $\langle T1\text{-O}\rangle$ distance was plotted for each Buck Claim specimen *versus* the $\langle\langle T\text{-O}\rangle\rangle$ distance, instead of the $\langle T2\text{-O}\rangle$ distance. The $\langle T2\text{-O}\rangle$ and $\langle\langle T\text{-O}\rangle\rangle$ distances are normal for specimens Buck-18-II, -III, and -IV: the $\langle T2\text{-O}\rangle$ distance in specimen Buck-18-I is slightly larger (within 2s) than the $\langle T1\text{-O}\rangle$ distance (see Table A1-a).

For the three most disordered specimens Buck-18-I, -II, and -III, Blasi & De Pol Blasi (1994, p. 68) observed: "It is surprising that the most ordered* specimen in terms of T-O distances appears to be the least ordered* in terms of lattice constants" (*misprinted as disordered in the original paper). This statement is justified by a comparison of 2t1 values, obtained from $\langle T\text{-O}\rangle$ distances, and the values of the structural indicators $\Delta(bc)$ and $\Delta(b^*c^*)$ for the three most disordered specimens [Buck-18-I: 2t1 = 0.479, $\Delta(bc) = 0.492$ and $\Delta(b^*c^*) = 0.486$; Buck-18-II: 2t1 = 0.533, $\Delta(bc) = \Delta(b^*c^*) = 0.518$; Buck-18-III: 2t1 = 0.555, $\Delta(bc) = 0.472$ and $\Delta(b^*c^*) = 0.469$].

For the sake of completeness, in specimen Buck-18-IV it is 2t1 = 0.613, $\Delta(bc) = 0.615$ and $\Delta(b^*c^*) = 0.617$. To sum up: in terms of $\langle T\text{-O}\rangle$ distances, Si,Al order decreases from specimen Buck-18-IV to -III, -II, -I, whereas in terms of cell parameters Si,Al order decreases from specimen Buck-18-IV to -II, -I, -III.

Blasi & De Pol Blasi (1994, p. 65) observed that the major uncertainties in the choice of reference values of lattice constants for the alkali feldspar end-members occur in the case of high sanidine. This is due to the occurrence of specimens like those investigated by Stewart & Wright (1974), Černý & Chapman (1984; 1986), and Ferguson *et al.* (1991), which plot outside the quadrilateral of alkali feldspars (see Blasi & De Pol Blasi, 1994: Fig. 2). Such specimens pose severe problems, and their crystal structure should be determined carefully in order to verify whether the Al contents obtained from $\langle T\text{-O}\rangle$ distances are consistent with those determined from metric properties. A clear example of inconsistency is that displayed by specimen Buck-18-III, which shows "anomalous" metric properties when compared with $\langle T\text{-O}\rangle$ distances that are within a normal range for high sanidine.

Teertstra *et al.* (1998) confirmed that the composition of the Buck-18-I adularia is close to that of the end-member $KAlSi_3O_8$, and observed that the metric and structural data of this specimen may be taken as the most reasonable values for Or_{100} end-member high sanidine.

Indeed, the Buck-18-I specimen of adularia is of great value, because it demonstrates that essentially complete Si,Al disorder can be found in natural K-rich feldspars. However, it is worth investigating further to clarify subtle details of its crystal structure, e.g., ⟨*T*2-O⟩ distance slightly greater than the ·*T*1-OÒ distance. It would be desirable to know whether the Buck Claim feldspars show the diffuse extra diffractions *hkl* with $(h + k)$ odd, which commonly occur in specimens of adularia.

As regards the conditions of formation of the Buck Claim specimens, Černý & Chapman (1984) and Ferguson *et al.* (1991) accepted as the likely origin that proposed by Foord & Martin (1979) and Martin (1982) for late high-sanidine overgrowths occurring in pockets from granitic pegmatites in the Pikes Peak batholith, Colorado, U.S.A. Foord & Martin (1979) and Martin (1982) suggested that these pockets were subjected to "pressure quenching", i.e., sudden decrease in *P*(fluid), with consequent rapid nucleation and crystal growth of a highly disordered K-rich feldspar phase. According to Ferguson *et al.* (1991; also Černý & Chapman, 1984; Černý, 1994) the extreme Si,Al disorder in the Buck Claim specimens was preserved metastably because the low-temperature hydrothermal precipitation of high sanidine adularia was not followed by the action of any subsequent order-promoting agents.

Room-temperature crystal structures of pre-heated K-rich feldspars

Itrongay high sanidine. As mentioned earlier (see the section on the Itrongay orthoclase used in structure determination at room temperature), Nyfeler *et al.* (1998) investigated by X-ray diffraction several crystal fragments from the Itrongay orthoclase after annealing at temperatures up to 950 °C for various periods of time. The lattice constants, atomic coordinates and displacement parameters, however, were presented only for one of these feldspar fragments, which was annealed at 900 °C for 672 h. The fragment is different from that investigated by Nyfeler *et al.* (1998) in its natural state, but both specimens were isolated from the same crystal chip.

The compositions from *V* and *a* of the annealed K-rich feldspar are definitely more sodic than those of the unheated specimen [the average of $N_{Or}(V)$ values is ~ 0.90 *versus* ~ 0.95: see Table A1-b and Table A1-a]. This suggests that an exsolved Na-rich phase was resorbed during heating. The absence of lattice strain in the unheated specimen [$N_{Or}(a$: eq. 7) - $N_{Or}(V$: eq. 6) = –0.002 and Δa = –0.011 Å: see the section on the Itrongay orthoclase investigated at room temperature], indicates that the Na-rich phase might be microperthitic rather than cryptoperthitic. By contrast, Nyfeler *et al.* (1998) reported that their specimen showed optical homogeneity. In the annealed Itrongay orthoclase, the difference $N_{Or}(a$: eq. 5) - $N_{Or}(V$: eq. 4) becomes 0.006 and the Δa value changes to –0.040 Å. Note that negative Δa values seem to be an idiosyncratic feature in heated K-rich feldspars (see the section on the Bedford high sanidine).

The *R* values in the annealed specimen are slightly higher than those in the unheated specimen (see Table A1-b and Table A1-a). The ⟨*T*-O⟩ distances indicate that the heat-treatment produced a high sanidine, with strong but not complete Si,Al disorder [$2t1$ = 0.545(6): Table A1-b]. Note that the values of $\Delta(bc)$ and $\Delta(b^*c^*)$, 0.511 and 0.519, respectively (Table A1-b), are consistent with rather stronger Si,Al disorder. In Fig. 1, the representative point of the Itrongay high sanidine plots between that for the Spencer C high sanidine and that for the Buck-18-III adularia.

Nyfeler *et al.* (1998) found that prolonged heating at 900 °C renders Fe equally distributed between the *T*1 and *T*2 sites according to the structural-chemical formula $(K_{0.95}Na_{0.05})[(Al_{0.523}Fe_{0.025}Si_{1.452})^{T1}(Al_{0.427}Fe_{0.025}Si_{1.548})^{T2}O_8]$. In this formula, the *T*-site occupancies were obtained as described for the unheated specimen investigated at RT by Nyfeler *et al.* (1998) (see the section on Itrongay orthoclase). Note that this formula does not take into account the fact that K,Na homogenization also occurred, as documented by the N_{Or} contents obtained from cell volume *V*.

Nyfeler *et al.* (1998) also observed that prolonged heating at 900 °C *and* quenching reduce the value of an empirical extinction parameter, which was proposed by Sheldrick (1993) to cover both primary and secondary extinction. The X-ray extinction parameter is an indicator of crystal perfection (see Larson, 1970; also Becker & Coppens, 1974). Thus, Nyfeler *et al.* (1998) deduced that the relatively high values of the extinction parameter in unheated specimens [range: 0.076(3)-0.147(5)] indicate that Itrongay orthoclase crystals are rather ideal, with no pronounced mosaic pattern, whereas the relatively low values of the extinction parameter found after heating *and* quenching [range: 0.012(2)-0.020(2)] suggest that formation of mosaic blocks had to occur.

Nyfeler *et al.* (1998), who investigated Itrongay orthoclase to understand the release of Ar from K-rich feldspar in view of its importance to K-Ar geochronology, concluded that Ar diffusion upon heating is related to *T*-O bond breaking as a result of Si,Al rearrangement.

Spencer C high sanidine. A crystal fragment from the Spencer C orthoclase (see the relevant section) was converted to high sanidine by Cole *et al.* (1949) by heating to 1075 °C for 300 hours.

Cole *et al.* (1949) performed a 3D Fourier refinement of the sanidinized Spencer C orthoclase using intensity data collected by Weissenberg photographs. The *R* value was 0.14, and the ⟨*T*1-O⟩ and ⟨*T*2-O⟩ distances were both equal to 1.642 Å, indicating complete Si,Al disorder.

Later, the intensity data collected by Cole *et al.* (1949) were subjected to 3D least-squares refinement by Ribbe (1963). The *R* value dropped to 0.099, and the values of ⟨*T*1-O⟩ and ⟨*T*2-O⟩ distances became equal to 1.645 and 1.640 Å, respectively. These data, as well as the Al contents calculated therefrom, indicate that the structure is not fully disordered (see Table A1-b). Fig. 1 shows that the sanidinized Spencer C orthoclase is slightly more disordered than the Itrongay orthoclase heated by Nyfeler *et al.* (1998).

The lattice constants adopted by Ribbe (1963) were those determined by Cole *et al.* (1949) using the θ-method of Weisz *et al.* (1948), which gives very high accuracy. The compositions determined from V and a [the average of $N_{Or}(V)$ values is ~ 0.89: see Table A1-b] are very close to those obtained from the unheated specimen (see Table A1-a). These data confirm that the Spencer C orthoclase is virtually free from exsolved Na-rich phase (see the section on the Spencer C orthoclase). As expected, lattice strain is absent [$N_{Or}(a$: eq. 5) - $N_{Or}(V$: eq. 4) = 0.004: see Table A1-a; $\Delta a = -0.046$ Å], as in the unheated Spencer C specimen. Note the negative Δa value, which occurs in many heated K-rich feldspars (see the section on the Bedford high sanidine). The values of the structural indicators $\Delta(bc)$ and $\Delta(b^*c^*)$, 0.514 and 0.520, respectively, indicate a degree of Si,Al disorder tangibly higher than that estimated from the Al contents calculated from the $\langle T\text{-O}\rangle$ distances determined by Ribbe (1963) (2t1 = 0.537: see Table A1-b).

Bedford high sanidine. Blasi *et al.* (1987b) subjected a cleavage fragment of low microcline to dry annealing at 1050 °C for 200 days, followed by quenching to room temperature. The fragment was isolated from a hand specimen of perthitic coarsely cross-hatched low microcline from a granitic pegmatite occurring in the Bedford County pegmatite district, Virginia, U.S.A.

The original K-rich feldspar material of bulk composition $Or_{78.3}Ab_{21.1}An_{0.3}Cn_{0.1}Rbf_{0.2}Srf_{0.0}$ mol% was purified by Blasi *et al.* (1984a) to $Or_{90.7}Ab_{8.8}An_{0.1}Cn_{0.2}Rbf_{0.2}Srf_{0.1}$ mol% by magnetic and gravity separation: both bulk compositions were determined by flame photometry (Na and K) and X-ray fluorescence spectrometry (all other elements). Blasi *et al.* (1984a) used the purified feldspar material in dry-heating experiments at 1050 °C for periods of time up to 150 days to produce a K-rich feldspar disordering series. The conversion of low microcline to high sanidine proceeded via a one-step disordering process. Microprobe analyses of the K-rich phase of the unheated material yielded $Or_{92.9}Ab_{6.5}An_{0.1}Cn_{0.3}Rbf_{0.2}Srf_{0.1}$ mol%, and those of the extreme end-member of the disordering series gave $Or_{90.5}Ab_{9.2}An_{0.1}Cn_{0.2}Rbf_{0.1}Srf_{0.0}$ mol%. As a result of K,Na homogenization, the latter composition is very close to that determined by flame photometry and X-ray fluorescence spectrometry. The unheated feldspar material gave $N_{Or}(V$: eq. 3) = 0.947, $N_{Or}(V$: eq. 8) = 0.949, $N_{Or}(a$: eq. 9) = 0.960, $\Delta a = 0.012$ Å, $\Delta(bc) = 0.997$, $\Delta(b^*c^*) = 0.993$, $\Delta(\alpha\gamma) = 1.003$, and $\Delta(\alpha^*\gamma^*) = 1.003$; the most disordered material gave $N_{Or}(V$: eq. 1) = 0.923, $N_{Or}(V$: eq. 4) = 0.897, $N_{Or}(a$: eq. 5) = 0.903, $\Delta a = -0.039$ Å, $\Delta(bc) = 0.504$, $\Delta(b^*c^*) = 0.511$ (for uniformity, N_{Or} values and structural indicators were recalculated from original data, as indicated in the section on methods). Thesa data indicate that the unheated material was slightly perthitic and free from lattice strain. The most disordered material was an essentially fully disordered and chemically homogeneous high sanidine: its N_{Or} values are very close to the bulk composition determined by flame photometry and X-ray fluorescence spectrometry.

The crystal fragment used in structure refinement by Blasi *et al.* (1987b) was isolated from the same unheated purified feldspar material as that studied by Blasi *et al.* (1984a). Single-crystal X-ray photographs showed that, after annealing, the crystal fragment was transformed into an untwinned homogeneous *C*2/*m* K-rich feldspar showing sharp diffraction maxima. The metric properties are close to those determined from X-ray powder diffractometer data for the extreme end-member of the disordering series prepared by Blasi *et al.* (1984a).

The compositions determined from V and a [the average of $N_{Or}(V)$ values is ~ 0.90: see Table A1-b] are very close to the bulk composition of the purified feldspar material determined by flame photometry and X-ray fluorescence spectrometry, as a result of K,Na homogenization produced by heat-treatment. As expected, the difference $N_{Or}(a$: eq. 5) - $N_{Or}(V$: eq. 4) = −0.002 (see Table A1-b) and the value of $\Delta a = -0.060$ Å are consistent with absence of lattice strain. Note that many heated K-rich feldspars, including the Itrongay and Spencer C specimens (see the relevant sections), tend systematically to show negative Δa values. The effect, designated reverse strain by Fenn & G.E. Brown (1977), is not yet completely understood (see discussion in Blasi *et al.*, 1984a). The values of the structural indicators $\Delta(bc)$ and $\Delta(b^*c^*)$, 0.504 and 0.512, respectively, indicate almost complete Si,Al disorder (see Table A1-b).

The structure refinement of the sanidinized Bedford low microcline performed by Blasi *et al.* (1987b) led to very low R values (R 0.022 and wR 0.024, see Table A1-b), with $\langle T1\text{-O}\rangle = 1.643$ and $\langle T2\text{-O}\rangle = 1.640$ Å. These data indicate a degree of Si,Al disorder tangibly higher than that achieved by the sanidinized Spencer C orthoclase of Ribbe (1963). Thus, the Bedford sanidine represents the most disordered specimen among heated K-rich feldspars. This can also be seen by the position of its representative point in Fig. 1. Note that the value of 2t1 = 0.523, calculated from the $\langle T1\text{-O}\rangle$ distance, is very close to the above-mentioned values of $\Delta(bc)$ and $\Delta(b^*c^*)$ (see Table A1-b).

The results obtained by Blasi *et al.* (1984a, 1987b) demonstrate that the achievement of complete disorder in dry-annealing experiments is a more sluggish process than expected, with important implications for alkali feldspar mineralogy. The occurrence in nature of specimens of high sanidine such as the adularia Buck-18-I of Ferguson *et al.* (1991) represents an exceptional example of extreme Si,Al disorder in highly metastable conditions (see also the section on the Buck Claim adularia).

Low-temperature crystal structures of natural K-rich feldspars

Prilep low microcline at 163 K. A crystal fragment (0.09 × 011 × 0.18 mm) extracted from the same specimen of Prilep microcline as that studied by Strob (1983) (see the relevant section) was subjected to structure refinement by Phillips *et al.* (1988) at 294 (R 2.0%) and 163 K (R 1.9%) in order to investigate the room-temperature phase transition described by Openshaw *et al.* (1979a, 1979b), Wyncke *et al.* (1981), and Brown *et al.* (1984; also Smith & Brown, 1988, p. 75 and p. 162) for low microcline. The results obtained by Phillips *et al.* (1988), which were not published in detail, would not be consistent with the inferred room-temperature phase transition in low microcline (see also Ribbe 1994, p. 10).

Itrongay orthoclase at 121 K. This section will account for the structural behavior of the Itrongay orthoclase investigated at 121 K by Kimata *et al.* (1996). For results on the same crystal fragment studied at 296 K by the same authors, see the relevant section.

Kimata *et al.* (1996) observed a strong anisotropic contraction of the structure at 121 K: cell edge *a* decreases from 8.600 Å at 296 K to 8.574 Å at 121 K, the β angle increases from 116.03° at 296 K to 116.07° at 121 K, and cell edges *b* and *c* show little variation. As a result, cell volume *V* decreases from 722.9 Å^3 at 296 K to 720.2 Å^3 at 121 K. In these circumstances, the N_{Or} contents in Table A1-c are meaningless because they also reflect the contraction of *V* and *a*. In this specimen, an additional effect on *V* and *a* is due to the presence of iron content (see the section on the Itrongay specimen investigated at room temperature). The values of $\Delta(bc)$ and $\Delta(b^*c^*)$, 0.684 and 0.649, respectively, with a somewhat high difference of 0.035, bracket the values of $\Delta(bc)$ and $\Delta(b^*c^*)$, 0.670 and 0.674, respectively, observed in the Itrongay orthoclase investigated by Kimata *et al.* (1996) at room temperature (see Tables A1-c and A1-a).

The *R* values are higher at 121 K: *R* 0.028 at 296 K *versus* 0.044 at 121 K, and *wR* 0.028 at 296 K *versus* 0.042 at 121 K. The ⟨*T*1-O⟩ distance increases from 1.655 Å at 296 K to 1.660 Å at 121 K, whereas the ⟨*T*2-O⟩ distance shows little variation (see Table A1-a and Table A1-c). The ⟨K-O⟩ distance decreases from 2.986 Å at 296 K to 2.969 Å at 121 K. The apparent expansion of the ⟨*T*1-O⟩ distance at 121 K may be due to reduction in the swinging-arm effect in response to decreased thermal motion; see the section on reference values for Al-O and Si-O distances in alkali feldspars for information on the swinging-arm effect. Obviously, the reduction in this effect also influences the Al contents derived from ⟨*T*-O⟩ distances. As a result, the position of the representative point of the Itrongay specimen at 121 K in Fig. 1 is apparently consistent with a degree of Si,Al order higher than that displayed by the representative point of the same specimen at 296 K.

A linear extrapolation of the displacement parameter *B* for the K atom at 0 K showed that there is a finite intercept of $B = 0.3$ Å^2. According to Kimata *et al.* (1996), the intercept is evidence of zero-point motion that would not depend on thermal energy but might reflect static Si,Al disorder or dynamic energy resulting from collision of K and O atoms during data collection under the Earth's gravity.

Room-temperature crystal structures of natural Na-rich feldspars

Ramona low albite. The specimen, denoted as No. 29, is a low albite from a suite of plagioclase feldspars given by R.C. Emmons to W.H. Taylor, and comes from a cavity in an albitized pegmatite at Little Three mine, Ramona, San Diego County, California, U.S.A. (Ferguson *et al.*, 1958; also Emmons *et al.*, 1953). Detailed investigations on the mineralogy and genetic aspects of the Little Three pegmatites were provided by Stern *et al.* (1986) and Foord *et al.* (1989). Many of the old references can be found in these two papers.

Emmons *et al.* (1953) reported a complete wet chemical analysis for the Ramona albite indicating that the specimen is a nearly pure $NaAlSi_3O_8$. From this chemical analysis, Ferguson *et al.* (1958) calculated a composition of $Or_{1.0}Ab_{98.5}An_{0.5}$ mol%. The lattice constants determined by Ferguson *et al.* (1958) are given in Table A2-a. The values of N_{Or} calculated from *V* and *a* are in close agreement with the chemical composition. As expected, given the non-perthitic character of most low albite crystals, these data are consistent with the absence of lattice strain due to coherency between exsolved phases. The values of the structural indicators obtained from the Δ method indicate a highly ordered Si,Al distribution. This, however, appears to be somewhat anomalous, because the values of the structural indicators obtained from cell angles are definitely higher than those obtained from cell edges: pertinent interrelationships among Al contents estimated from the structural indicators $\Delta(bc)$, $\Delta(b^*c^*)$, $\Delta(\alpha\gamma)$, and $\Delta(\alpha^*\gamma^*)$ can be seen in Fig. 4 of Blasi & Blasi De Pol (1977). Ferguson *et al.* (1958) determined the crystal structure of the Ramona albite by means of 2D Fourier projections parallel to all three axes: the *R* values were in the 0.080-0.093 range. The study showed that the Ramona albite is highly ordered (⟨*T*1*o*-O⟩ = 1.742, ⟨*T*1*m*-O⟩ = 1.590, ⟨*T*2*o*-O⟩ = 1.636, ⟨*T*2*m*-O⟩ = 1.616 Å), and the electron-density distribution of the Na atom is largely anisotropic.

Later, Ribbe *et al.* (1969) subjected the Weissenberg intensity data collected by Ferguson *et al.* (1958) to a 3D least-squares refinement. The *R* value dropped to 0.068, and the new ⟨*T*-O⟩ distances (see Table A2-a) approximate to those determined by X-ray counter techniques in specimens of low albite (see, for instance, the data for Amelia low albite in Table A2-a). The Al contents determined from ⟨*T*-O⟩ distances evidence a behavior similar to that observed above for the structural indicators derived from lattice constants. Indeed, the value of t1o - t1m is tangibly higher than that of t1o + t1m (see Fig. 2): this seems to be an idiosyncratic feature of low albite that should be further investigated.

Ribbe *et al.* (1969) also confirmed the anisotropy of the Na atom. They explored split-atom models to see whether the anisotropy can be interpreted in terms of space-average for a half-atom model or a quarter-atom model, rather than in terms of time-average of a single Na atom giving rise to anisotropic displacements.

The quarter-atom model was discarded virtually from the outset, because even the half-atom model was at the limit of resolution. In the half-atom model, the single anisotropic Na atom was replaced by two isotropic half-atoms separated by 0.36 Å along the direction of the maximum electron-density distribution in the single-atom model.

On the basis of the experimental data available, the general conclusion reached by Ribbe *et al.* (1969) on the Na atom anisotropy was rather uncertain. In the end, their position was in favor of the time-average interpretation of the Na-atom anisotropy.

The interpretation proposed by Ribbe *et al.* (1969) was confirmed by Quareni & Taylor (1971), and, more recently, by the findings of Winter *et al.* (1979) and Smith *et al.* (1986) (see the section on the Ramona low albite at 93 K and that on Amelia low albite at 13 K).

Amelia low albite. Harlow & G.E. Brown (1980) carried out a crystal structure investigation on an Amelia low albite by X-ray and neutron diffraction methods at room temperature.

The low albite investigated occurs as a cleavelandite in a pegmatite from the Rutherford mines, near Amelia, Amelia County, Virginia, U.S.A. It is a water-clear specimen, known for its high chemical and phase purity (Waldbaum & Robie, 1971; also Sinkankas, 1968; Deer *et al.*, 1975, Table 13).

The specimen, supplied by D.R. Waldbaum, was also used by Harlow & G.E. Brown (1980) to obtain lattice constants from X-ray powder diffractometer data (Table A2-a). Later, Smith *et al.* (1986) carried out a neutron diffraction study at 13 K on the same feldspar material (see the relevant section).

Microprobe analysis reported on by Harlow & G.E. Brown (1980) yielded a composition of $Or_{0.6}Ab_{99.3}$ $An_{0.1}$ wt% (see also the section on Amelia monalbite), which is in close agreement with the values of N_{Or} obtained from V and a (Table A2-a). As with most specimens of low albite, these data indicate that the Amelia albite is non-perthitic and, therefore, free from lattice strain due to coherency between exsolved phases. The structural indicators obtained from lattice constants indicate that the Amelia Albite is essentially fully ordered. Unlike the Ramona albite, the values of the structural indicators obtained from cell angles in the Amelia Albite are only very slightly higher than those obtained from cell edges (see Table A2-a).

Comparison of the crystal structures determined from X-ray and neutron data shows that the positional parameters are essentially identical, whereas slight differences occur in the displacement parameters (e.g., the values of equivalent isotropic temperature factors, B, for T and Na sites from neutron data are higher than those from X-ray data).

The values of $\langle T\text{-O}\rangle$ distances from X-ray and neutron data are very close to each other, and indicate essentially complete Si,Al order with more Al in $T2o$ or in $T2m$ site than in $T1m$ site (see Table A2-a). In other words, the values of t1o - t1m are higher than those of t1o + t1m (see Fig. 2), a feature already noticed also in the crystal structure of the Ramona albite at room temperature (see the preceding section). Refinement of T-site occupancies from X-ray data was not successful. Al contents from refinement of the neutron scattering lengths indicate almost complete Si,Al ordering with no Al in $T2o$ and $T2m$ sites: unlike Al-content data from $\langle T\text{-O}\rangle$ distances, it is, therefore, (t1o - t1m) < (t1o + t1m), i.e. 0.935 *versus* 1.005 (see Table A2-a).

Considering that all the data on the Amelia albite are consistent with essentially complete Si,Al order or so, the $\langle T\text{-O}\rangle$ distances, obtained from X-ray and neutron data, can be used to estimate the Al-O and Si-O distances in Na-rich feldspars (see the relevant section).

Harlow & G.E. Brown (1980) found that the relationship between $\langle T\text{-O}\rangle$ distances and Al contents from neutron diffraction data (Amelia low albite; Himalaya orthoclase: Prince *et al.*, 1973; Eifel low sanidine: G.E. Brown *et al.*, 1974) is best fulfilled by a 3rd-order polynomial.

Harlow & G.E. Brown (1980) made an analysis of the displacement of the Na atom in low albite: time-average *versus* space-average behavior, which was the subject of discussion for years. They compared the single-atom (time-average) model with the half-atom (space-average) model, and found that the single-atom model yields a smaller weighted R factor for both the neutron and the X-ray data. This is in agreement with the findings of Winter *et al.* (1977), who demonstrated that the values of the displacement parameter B for the Na atom in specimens of low albite studied at 93 to 1243 K yield a linear extrapolation to zero at 0 K, indicating that real thermal motion is the cause of the large Na site anisotropy.

Rabb Canyon high albite. This is the Pericline-twinned Na-rich phase coexisting in partially coherent cryptoperthitic intergrowth with a sanidine in a quenched pegmatite from Rabb Canyon, Grant County, New Mexico, U.S.A. (see the section on Rabb Canyon sanidine).

The cryptoperthite was investigated by Keefer & G.E. Brown (1978), who determined the crystal structures of the individual phases. The Rabb Canyon high albite is a unique example of natural highly disordered albite used in structure determination. However, as will be shown below, there were severe problems with structure refinement.

Keefer & G.E. Brown (1978) made structure refinements of the high albite using half-atom and quarter-atom models (see the section on Amelia high albite). These models were not satisfactory, and the single-atom model was adopted with an alkali site occupancy fixed at $Na_{0.8}K_{0.2}$. Unlike the R factors in the sanidine (R = 0.029 and wR = 0.039), the R factors in the high albite were rather high (R = 0.083 and wR = 0.096). Keefer & G.E. Brown (1978) attributed these high values to the difficulties encountered in measuring the high-albite intensities. The amount of high albite was rather small in the crystal fragment investigated, and any interference on intensity data from the coexisting sanidine was amplified. Lattice strain may be another source of error, because it may vary within each albite lamella producing the high displacement parameters observed. Note that each lamella is also Pericline-twinned with twin lamellae ~ 50 Å wide, which may further complicate the shape of diffraction peaks.

The values of the $\langle T\text{-O}\rangle$ distances and the Al contents in Table A2-a indicate appreciable Si,Al ordering. The values of $\langle T1o\text{-O}\rangle$ and $\langle T1m\text{-O}\rangle$ distances are virtually identical, and those of $\langle T2o\text{-O}\rangle$ and $\langle T2m\text{-O}\rangle$ distances are very close to each other. In space group $C\bar{1}$, this configuration corresponds to a structural state close to that of analbite (t1o = t1m ≥ t2o = t2m) and approximates to a two-step ordering trend (see Fig. 2).

By contrast, the metric properties in Table A2-a are consistent with almost complete Si,Al disorder. Note that the difference between $\Delta(bc)$ and $\Delta(b^*c^*)$ values is 0.141, an abnormally high value, that, according to Blasi (1980), may indicate that unit-cell parameters conceal errors.

Lattice strain in the Na-rich phase (Δa = -0.234 Å) of the Rabb Canyon cryptoperthite is much higher that in the K-rich phase (Δa = 0.078 Å). These data are confirmed by the contrasting values of N_{Or} from V and a (see Table A2-a and Table A1-a). This is in agreement with the high proportion of the sanidine phase in the crys-

tal (mole fractions: 0.68 from X-ray scale-factor refinement and 0.67 from TEM image).

K,Na site refinement in the high albite failed to produce a chemically reasonable composition. This was determined by mass balance using the sanidine composition, the mole fraction of the sanidine in the crystal, and the bulk composition of the crystal (see the section on Rabb Canyon sanidine) as $Or_{22}Ab_{78}$. Note that cell volume *V* gives N_{Or} values in the 0.12-0.14 range (Table A2-a).

ROOM-TEMPERATURE CRYSTAL STRUCTURES OF PRE-HEATED NA-RICH FELDSPARS

Amelia high albite. The specimen, denoted as No. 31 in the suite of feldspars described by Emmons *et al.* (1953), is a low albite from a pegmatite from the Rutherford mines, near Amelia, Amelia County, Virginia, U.S.A. (see also the section on Amelia low albite). The data from a complete wet chemical analysis reported on by Emmons *et al.* (1953) were used by Ferguson *et al.* (1958) to calculate a composition of $Or_{1.6}Ab_{97.7}An_{0.7}$ mol%.

Ferguson *et al.* (1958) heated a few fragments of the Amelia low albite at 1065 °C for 16 days. After cooling, optical measurements and X-ray powder diffraction data showed that the material has been transformed into high albite. Most of the fragments appeared to be twinned polysynthetically. A fragment free from twinning was subjected to single-crystal X-ray investigation. The N_{Or} contents calculated from *V* are in close agreement with the chemical composition, whereas the N_{Or} value obtained from *a* is anomalous. The metric properties are consistent with a highly disordered Si,Al distribution. However, the difference $\Delta(bc)$ - $\Delta(b^*c^*)$ = -0.040 (see Table A2-b) is anomalous for a high albite, and, according to the findings of Blasi (1980), this may imply that the lattice constants conceal errors: an unexpected event in this specimen, considering that the lattice constants were measured by the "θ-method" of Weisz *et al.* (1948), which, in principle, gives very high accuracy. On the other hand, the $\Delta(bc)$ - $\Delta(b^*c^*)$ difference evidences different behavior in other specimens of high albite investigated at room temperature [e.g., Prewitt *et al.*, 1976: synthetic high albite: $\Delta(bc)$ = 0.498 and $\Delta(b^*c^*)$ = 0.494; Winter *et al.*, 1979: Tiburon high albite: $\Delta(bc)$ = 0.502 and $\Delta(b^*c^*)$ = 0.492].

The structure analysis performed at RT by means of 2D Fourier projections parallel to all three axes gave *R* values in the 0.14-0.19 range. The results obtained by Ferguson *et al.* (1958) showed that the crystal structure of the Amelia high albite is highly disordered ($\langle T1o\text{-O}\rangle$ = 1.652, $\langle T1m\text{-O}\rangle$ = 1.639, $\langle T2o\text{-O}\rangle$ = 1.642, $\langle T2m\text{-O}\rangle$ = 1.647 Å) and that the electron-density distribution of the Na atom is much more strongly anisotropic than in low albite.

Later, Ribbe *et al.* (1969) used the Weissenberg intensity data of Ferguson *et al.* (1958) to perform a 3D least-squares refinement. The *R* value reduced to 0.082, and the new $\langle T\text{-O}\rangle$ distances in Table A2-b are in close agreement with those determined by X-ray counter techniques in specimens of high albite at RT (Prewitt *et al.*, 1976: synthetic high albite: $\langle T1o\text{-O}\rangle$ = 1.646, $\langle T1m\text{-O}\rangle$ = 1.641, $\langle T2o\text{-O}\rangle$ = 1.641, $\langle T2m\text{-O}\rangle$ = 1.642 Å; Winter *et al.*, 1979: Tiburon high albite: $\langle T1o\text{-O}\rangle$ = 1.649, $\langle T1m\text{-O}\rangle$ = 1.642, $\langle T2o\text{-O}\rangle$ = 1.640, $\langle T2m\text{-O}\rangle$ = 1.642 Å). The $\langle T\text{-O}\rangle$ distances and the derived Al contents in the Amelia high albite indicate that the effect of heating produced strong, but not complete, Si,Al disorder (see Table A2-b and Fig. 2).

Ribbe *et al.* (1969) confirmed that the degree of anisotropy of the Na atom is much stronger in high than in low albite. The simplest interpretation of the electron-density distribution in terms of time-average of a real anisotropic displacement of a single Na atom was considered quite unrealistic in high albite. The single-atom model was therefore discarded, and an interpretation in terms of space-average for split-atom models, i.e. the half-atom and quarter-atom models, was explored.

In the half-atom model, the single anisotropic Na atom is replaced by two isotropic half-atoms, separated by 0.61 Å along the direction of the elongation of the displacement ellipsoid in the single-atom model.

In the quarter-atom model, the Na atom is replaced by four isotropic quarter-atoms, which are nearly collinear along the direction of the maximum anisotropy in the single-atom model and symmetrical about the mean position; the two outermost and the two innermost quarter-atoms being separated by ~ 0.9 and ~ 0.2 Å, respectively.

The quarter-atom model was the split-atom model that best fitted the experimental data. The evidence in high albite of an average structure poses the problem as to the Na atom anisotropy represents a random space-average or a faulted domain-average. In the latter case, bipartite, quadripartite and multipartite unit cells with faulted domains could be taken into account. In the case of high albite, Ribbe *et al.* (1969) concluded that the anisotropy of the Na atom probably corresponds to a space-average of a quadripartite-multipartite structure with faulted domains.

More recent studies by Prewitt *et al.* (1976) on synthetic high albite confirmed the validity of the quarter-atom model, but found no evidence of domain texture. On the other hand, Winter *et al.* (1979) found the quarter-atom model to be inadequate (see the section on Amelia monalbite).

HIGH-TEMPERATURE CRYSTAL STRUCTURES OF PRE-HEATED NA-RICH FELDSPARS

Amelia monalbite. Duba & Piwinskii (1974) annealed a fragment of an Amelia low albite at 1080 °C for 21 days, at 1100 °C for 50 days, and at 1111 °C for 62 days. After quenching, the specimen displayed fine lamellar twinning on the Albite law. A precession study by Okamura & Ghose (1975a) showed that the pairs of dif- fraction spots for Albite twinning merged to a single spot at 930 °C, indicating that the specimen inverted to monalbite.

Winter *et al.* (1979) re-investigated the same Amelia specimen as that studied by Okamura & Ghose (1975a). The composition of the Amelia albite reported on by Winter *et al.* (1979) is $Or_{0.6}Ab_{99.3}An_{0.1}$. Actually, this composition was determined with an electron micro-

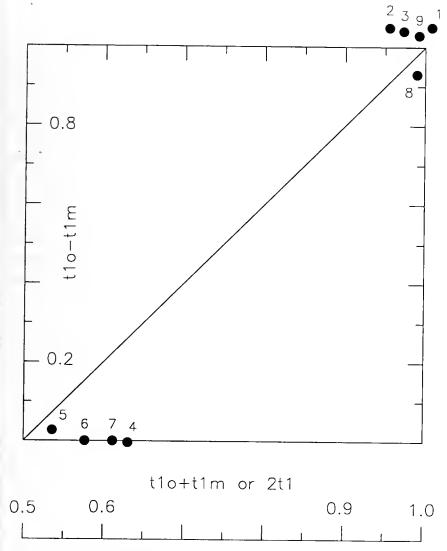



Fig. 2 - Relation between sum and difference of Al contents in *T*1*o* and *T*1*m* sites, i.e. t1o + t1m and t1o - t1m, in specimens of Na-rich feldspar from granitic pegmatites used in structure refinements. The values of t1o + t1m (in the case of triclinic simmetry) or 2t1 (in the case of monoclinic simmetry) and t1o - t1m were obtained from ⟨*T*-O⟩ distances following the procedure developed by Blasi & De Pol Blasi (1994, eqs. 18 and 19) and using the reference values for Al-O and Si-O given in the relevant section of this work. *Room-temperature crystal structures of natural specimens*: 1 Ramona low albite (Ribbe *et al.*, 1969); 2 and 3 Amelia low albite X-ray and neutron data, respectively (Harlow & G.E. Brown, 1980); 4 Rabb Canyon high albite (Keefer & G.E. Brown, 1978). *Room-temperature crystal structures of pre-heated specimens*: 5 Amelia high albite (Ribbe *et al.*, 1969). *High temperature crystal structures of pre-heated specimens*: 6 and 7 Amelia monalbite at 980 and 1060 °C, respectively (Winter *et al.*, 1979). *Low-temperature crystal structures of natural specimens*: 8 Ramona low albite at 93 K (Williams & Megaw, 1964); 9 Amelia low albite neutron data at 13 K (Smith *et al.*, 1986).

probe by Prewitt *et al.* (1976) using another Amelia albite specimen, and is, surprisingly, the same as that reported on by Harlow & G.E. Brown (1980) for their Amelia albite specimen (see the section on Amelia low albite). For the sake of comparison, reference should be made to 9 chemical analyses of Amelia albite reported by Deer *et al.* (1975).

Winter *et al.* (1979) confirmed the inversion temperature at 930 °C by means of a single-crystal diffractometer equipped with a Polaroid land film cassette. Next, they began with a collection of intensity data at 1060 °C, which was discontinued after collecting 430 diffractions because of failure of the furnace. The results of the structure refinement were published along with the data from a structure refinement already performed by Okamura & Ghose (1975b) on the same specimen at 980 °C. We contend that the structure refinement at 1060 °C should be disregarded for the following reasons: (1) the number of diffractions used in structure refinement is very small, (2) the *R* factors are comparable to those obtained for the refinement at 980 °C, but the individual σ values appear to be clearly biased, (3) the value of the grand mean *T*-O distance is abnormally low [⟨⟨*T*-O⟩⟩ = 1.6369(18) Å], (4) the value of the displacement parameter *B* for the Na atom is exceedingly high ($B = 15.8$ Å^2) when compared with the corresponding value in the structure at 980 °C ($B = 12.0$ Å^2), (5) the value of ⟨*T*1-O⟩ distance and that of t1 are anomalous compared with the corresponding values for refinement at 980 °C (Table A2-c), (6) the value of t1 + t2 is abnormally low (Table A2-c).

Winter *et al.* (1979) reported that the Amelia specimen annealed by Duba & Piwinskii (1974) was unsuitable for structure analysis at room temperature because of twinning. In the absence of data measured at RT, the values of lattice constants of the Amelia specimen at 980 °C (Table A2-c) might be compared with the corresponding values for the ideal high albite (analbite) (see data in Table 5 of Blasi & De Pol Blasi, 1994). At 980 °C, there is strong expansion of the structure with an increase in cell edges *a* (from ~ 8.159 Å at RT to 8.274 Å at 980 °C), *b* (from ~ 12.872 Å at RT to 12.991 Å at 980 °C), and *c* (from ~ 7.109 Å at RT to 7.144 Å at 980 °C), and a decrease in the cell angles a (from ~ 93.52° at RT to 90.06° at 980 °C), β (from ~ 116.42° at RT to 116.13° at 980 °C), and γ (from ~ 90.26° at RT to 90.05° at 980 °C). The cell volume *V* increases from ~ 666.9 Å^3 at RT to 689.4 Å^3 at 980 °C.

With reference to the room-temperature position of the ideal high albite (analbite) in a diagram of *b vs. c*, the representative point for the Amelia monalbite moves roughly towards the high-sanidine corner, in a direction that is tangibly outside the quadrilateral joining the reference points for the alkali feldspar end-members and corresponds approximately to Trend I of Brown *et al.* (1984). The structural indicators derived from the Δ method yield "impossible" Al contents (see Table A2-c). Note that in the Amelia low albite studied at 13 K by Smith *et al.* (1986), the Δ method gives a Si,Al distribution that is consistent with that estimated from ⟨*T*-O⟩ distances (see the relevant section). In both specimens, the variations in *b* and *c* cell edges are coupled, with some deviation from the ideal coupling, which needs no change in Δ(*bc*) values in a *bc* plot, in response to changes in temperature. The deviation from the ideal coupling is higher in the Amelia monalbite, and this explains its anomalous values of Δ(*bc*) and Δ(*b***c**) (see Table A2-c). Further studies are needed to ascertain whether the deviation of *b* and *c* cell edges from the ideal coupling in monalbite at high temperatures is confirmed.

The N_{Or} contents for the Amelia monalbite in Table A2-c are meaningless: they merely reflect the strong expansion of cell edge *a* and cell volume *V*.

The deviations observed between the values of the ⟨*T*-O⟩ distances (see Table A2-c) and the value of the grand mean *T*-O distance [⟨⟨*T*-O⟩⟩ = 1.6419(5) Å] indicate apparent appreciable Si,Al ordering, which is estimated by the values of the derived Al contents in Table A2-c. This behavior corresponds to a two-step ordering trend in the Amelia monalbite (see Fig. 2). Note, however, that the swinging-arm effect at high temperatures influences appreciably the ⟨*T*-O⟩ distances and the de-rived Al contents

(see the section on reference values for Al-O and Si-O distances in alkali feldspars for information on the swinging-arm effect).

The Na atom is 9-fold coordinated and lies, along with the $OA2$ oxygen atom, in the mirror plane. The remaining oxygen atoms form a distorted cube obeying the mirror plane. The displacement parameter B for the Na atom in the Amelia monalbite follows the trend observed in the specimens of high albite used in structure refinement at high temperatures by Prewitt *et al.* (1976: synthetic high albite) and Winter *et al.* (1979: Tiburon high albite). The latter showed that B(Na) for all these specimens did not extrapolate to zero at 0 K, indicating that some static spatial disorder must occur. This was attributed by Winter *et al.* (1979) to differences in the local Si,Al configurations produced by Si,Al disorder. According to Winter *et al.* (1979), previous interpretations restricting the number of such configurations to four and assuming isotropic Na-quarter atoms (Ribbe *et al.*, 1969; Prewitt *et al.*, 1976) are not adequate.

The specimens of high albite investigated by Prewitt *et al.* (1976) and Winter *et al.* (1979) did not invert to monalbite at high temperatures. The high albite studied by Prewitt *et al.* (1976) is a synthetic specimen $Or_{0.5}Ab_{98.3}An_{1.2}$ annealed at 1060 °C for 40 days. The high albite studied by Winter *et al.* (1979) was obtained by annealing a metamorphic low albite $Or_{0.25}Ab_{99.75}$ An_0 from the Tiburon Peninsula, Marin County, California, U.S.A., at 1080 °C for 60 days.

Using relevant structural data at various temperatures, Winter *et al.* (1979) extrapolated an inversion temperature for the Tiburon specimen in the 1050-1075 °C range and for the synthetic high albite in the 1105-1110 °C range. According to Winter *et al.* (1979), the different inversion temperatures for these specimens may depend on differences in the degree of Si,Al disorder induced by different annealing treatments.

Undoubtedly, the Amelia monalbite was subjected to stronger annealing treatment before X-ray examination at high temperatures. Thus, the specimen shows glassy rinds indicating that partial melting occurred during annealing. Unfortunately, the structure of the Amelia monalbite before inversion is not available. It could be an analbite, which would have rendered easier the inversion to monalbite.

Low-temperature crystal structures of natural Na-rich feldspars

Ramona low albite at 93 K. Williams & Megaw (1964) made an X-ray 2D study of a Ramona low albite and a synthetic high albite at 93 K. The low albite from the Ramona pegmatite, San Diego County, California, U.S.A., was the same as that used by Ferguson *et al.* (1958) and Ribbe *et al.* (1969) in structure determination at room temperature (see the relevant section). The investigation was undertaken to see whether the anisotropy of the Na atom persisted down to a low temperature. The results were inconclusive and the data in Table A2-d should be considered of historical value. Note, however, that the values of $\langle T\text{-O}\rangle$ distances and Al contents derived therefrom are not far from the expected ones (see Table A2-d and Fig. 2).

Quareni & Taylor (1971) re-refined the data collected by Williams & Megaw (1964) for the Ramona low albite at 93 K, and used them along with their 2D data at 293, 573, and 873 K on a low albite from Schmirntal, Tyrol, Austria, to perform extrapolations of the displacement parameter B *versus* temperature. They found that the extrapolations for Na, Al, and Si atoms gave values of B very close to zero at 0 K, whereas the extrapolation for the oxygen atoms give $B > 0$ at 0 K. They concluded that the marked anisotropy of the Na atom at room temperature is due to anisotropic thermal vibration, not to positional disorder.

Later, the data re-refined for the Ramona albite were incorporated by Winter *et al.* (1977) in their extrapolation of B(Na) to 0 K in low albite. In addition to Quareni & Taylor's (1971) data, the new extrapolation includes the data of Winter *et al.* (1977) obtained from the Tiburon low albite investigated at 773, 1023, 1243 K as well as the data for another specimen of Tiburon albite investigated at room temperature by Wainwright & Starkey (1969: see also Table 1). Winter *et al.* (1977) obtained a reasonably good linear fit for all data, which extrapolate to zero at 0 K, within error limits. These results confirm the pioneering investigation by Quareni & Taylor (1971), indicating that the Na anisotropy is the result of thermal vibration about a single point. The final confirmation of these findings was obtained from a neutron diffraction study carried out by Smith *et al.* (1986) on an Amelia low albite at 13 K (see the next section).

Amelia low albite at 13 K. Smith *et al.* (1986) determined the crystal structure of an Amelia low albite at 13 K by neutron diffraction. The specimen was provided by G.E. Harlow and G.E. Brown, who made an X-ray and neutron diffraction study of the Amelia low albite at room temperature (Harlow & G.E. Brown, 1980) (see the relevant section).

Comparison of the neutron data at room temperature and at 13 K shows a strong contraction of the structure, with a decrease in cell edges a (from 8.142 Å at RT to 8.115 Å at 13 K) and b (from 12.785 Å at RT to 12.762 Å at 13 K), and an increase in the β angle (from 116.61° at RT to 116.80° at 13 K), while c, α, and γ show little variation. The cell volume V decreases from 664.5 Å^3 at RT to 659.8 Å^3 at 13 K.

With reference to the room-temperature position of the ideal low albite in a plot of b *vs.* c, the representative point for the Amelia low albite at 13 K moves nearly parallel to the b axis, outside the quadrilateral of the alkali feldspar end-members. Note that this point follows a path opposite to that for Trend I of Brown *et al.* (1984; see also Smith & Brown, 1988, pp. 156-157), whereas the representative point for the Amelia monalbite studied by Winter *et al.* (1979) at high temperatures follows Trend I (see the relevant section). In the Amelia low albite at 13 K, the values of $\Delta(bc)$ and $\Delta(bc)$ - $\Delta(b^*c^*)$, 1.024 and 0.044, respectively (see Table A2-d), are somewhat higher than the corresponding values observed in specimens of low albite at room temperature. However, the degree of Si,Al order evaluated by the Δ method is consistent with that estimated from $\langle T\text{-O}\rangle$ distances (see Table A2-d). This does not occur in the Amelia monalbite of Winter *et al.* (1979), for the reasons explained in the relevant section.

The N_{Or} contents in Table A2-d are meaningless: they also depend on the contraction of V and a. In addition, the discrepancy between N_{Or} contents from V [$N_{Or}(V$: eq. 3) - $N_{Or}(V$: eq. 8) = - 0.046: Table A2-d] is anomalous, and reflects the different behavior of the relevant equations developed by Kroll *et al.* (1986) and Hovis (1986). The composition from Na site refinement gave 0.972(1), a value lower than that expected by ~ 3%.

The values of ⟨*T*1*o*-O⟩, ⟨*T*1*m*-O⟩, ⟨*T*2*o*-O⟩, and ⟨*T*2*m*-O⟩ distances at 13 K are slightly higher than the corresponding data obtained by Harlow & G.E. Brown (1980) from neutron data at room temperature (see Table A2-d and Table A2-a). This may be due to reduction in the swinging-arm effect, which is minimized near zero kelvin: see also the section on reference values for Al-O and Si-O distances in alkali feldspars. The values of ⟨*T*1*o*-O⟩ and ⟨*T*1*m*-O⟩ distances at 13 K are also higher than the corresponding values obtained by Harlow & G.E. Brown (1980) from X-ray data at room temperature. The behavior of ⟨*T*1*o*-O⟩ and ⟨*T*1*m*-O⟩ distances accounts for the different positions of the representative points of the three specimens of Amelia low albite in Fig. 2. The position of the representative point of the Amelia low albite at 13 K may also be due to the fact that the relevant Al contents do not suffer from the swinging-arm effect that affects the other two specimens. The ⟨*T*1*m*-O⟩, ⟨*T*2*o*-O⟩, and ⟨*T*2*m*-O⟩ distances at 13 K as well as those at room temperature, from either neutron or X-ray data, are consistent with more Al in *T*2*o* or in *T*2*m* site than in *T*1*m* site: this seems to be an idiosyncratic feature of low albite. Refinement of *T*-site occupancies from neutron data indicates essentially complete Si,Al ordering at 13 K (but with some excess Si in *T*1*m*, *T*2*o*, and *T*2*m* sites: see Table A2-d), and almost complete Si,Al ordering at room temperature (see Table A2-a). In principle, the three specimens of Amelia low albite in Fig. 2 are excellent candidates for use to determine reference values for Al-O and Si-O distances in alkali feldspars (see the relevant section). However, the specimen investigated by Smith *et al.* (1986) will not be employed for the reason explained in that section.

The environment of the Na atom at 13 K is similar to that observed at room temperature. The Na atom is surrounded by 9 oxygen atoms: 5 of them are the nearest neighbors and form an irregular deltahedron composed of triangular faces. At 13 K, however, the linkages between Na and the 5 nearest oxygen atoms become stronger than those at room temperature. Indeed, with reference to the neutron data from Harlow & G.E. Brown (1980), the 5 nearest neighbors are at distances of 2.36 to 2.61 Å at 13 K, and 2.37 to 2.67 Å at room temperature, while the other oxygen atoms are at distances of 2.97 to 3.45 Å at 13 K, and 2.96 to 3.47 Å at room temperature. Displacement of the Na atom, either at 13 K or at room temperature, is represented by a single ellipsoid elongated in the direction of more distant oxygen atoms.

Linear extrapolation of the displacement parameter B for the Na atom at 0 K yields a positive intercept of B = 0.5 Å^2. The extrapolations of B for T and O atoms also give positive intercepts at 0 K. Thus, the displacement of the Na atom was interpreted by Smith *et al.* (1986) as being indicative of zero-point motion rather than of multiple centers-of-motion. This is in agreement with earlier findings by Quareni & Taylor (1971) and Winter *et al.* (1977), which suggest that the large anisotropy of the Na atom observed at room temperature is essentially due to a single center-of-motion (see the preceding section).

Smith *et al.* (1986) observed that the relationship between *T*-O distances and stereochemical factors is complex, and could be interpreted more properly by using data obtained at low temperature because the swinging-arm effect is minimized near zero kelvin: however, the stereochemical interpretation of the *T*-O distances from low-temperature data of the Amelia low albite and other framework structures with essentially complete Si,Al ordering in tetrahedral sites was not found to be adequate when considering the first neighbors alone.

Reference values for Al-O and Si-O distances in alkali feldspars

The determination of Al contents from *T*-O distances in alkali feldspars (see Blasi & De Pol Blasi, 1994, pp. 70-76) needs a careful knowledge of reference values for Al-O and Si-O distances. These values can be estimated from *T*-O distances in specimens of low microcline and low albite that are considered to be fully ordered.

Table 1 presents the R and wR factors, the mean *T*-O distances ⟨*T*1*o*-O⟩, ⟨*T*1*m*-O⟩, ⟨*T*2*o*-O⟩, and ⟨*T*2*m*-O⟩, the grand mean *T*-O distance, ⟨⟨*T*-O⟩⟩, the mean Al-O and Si-O distances, ⟨Al-O⟩ and ⟨Si-O⟩, and the difference Δ = ⟨Al-O⟩ - ⟨Si-O⟩ for specimens of low microcline and low albite used in structure determinations. The ⟨Al-O⟩ distance is assumed to be equal to the ⟨*T*1*o*-O⟩ distance, and the ⟨Si-O⟩ distance to the average of the 12 individual *T*-O distances in the *T*1*m*, *T*2*o*, and *T*2*m* tetrahedra.

In Table 1, all the specimens of low microcline are from granitic pegmatites, except the Pontiskalk microcline, which is an authigenic feldspar from a limestone of the Pontiskalk formation at Pontis, Switzerland. Among the specimens of low albite, the Ramona and Amelia specimens are from granitic pegmatites; the Tiburon albite is from a vein in glaucophane schists; the Cazadero albite is from a vein in the blueschists from the Franciscan formation at Cazadero, California, U.S.A. The geologic occurrences of Roc Tourné and Crete specimens were not described in the relevant papers. However, these localities, from France and Greece, respectively, are known in the geological literature for the occurrence of authigenic feldspars in carbonate rocks.

Among the specimens of low microcline, the data for the Pellotsalo microcline of B.E. Brown & Bailey (1964) and those for the Pontiskalk microcline of Finney & Bailey (1964) are of lower accuracy. Among the specimens of low albite, half of the specimens presented in Table 1 suggest the following comments. The data for the Ramona albite have been superseded. The Crete albite shows both the ⟨*T*1*o*-O⟩ distance (1.7381(8) Å: see Table 1) and the cell angle γ [87.809(9)°: Downs *et al.* 1994] to be consistent with a degree of Si,Al order slightly smaller than that observed in the other specimens of low albite asterisked in Table 1. Note that the γ angle ranges from 87.67 to 87.68° in the ideal low albite

Table 1. *R* and *wR* factors, mean *T*-O distances, grand mean *T*-O distance, mean Al-O and Si-O distances, and the difference Δ = ⟨Al-O⟩ – ⟨Si-O⟩ for specimens of low microcline and low albite from granitic pegmatites and other geological occurrences.

#	Feldspar	Reference	*R* *wR*	⟨*T*1*o*-O⟩ ⟨*T*1*m*-O⟩	⟨*T*2*o*-O⟩ ⟨*T*2*m*-O⟩	⟨⟨*T*-O⟩⟩	⟨Al-O⟩ ⟨Si-O⟩	Δ
				ångstroms				
				low microcline				
1	Pontiskalk	Finney & Bailey (1964)	--- 0.085	1.7348(60) 1.6133(60)	1.6190(60) 1.6093(60)	1.64406(300)	1.7348(60) 1.6138(35)	0.1209(69)
2	Pellotsalo	Brown & Bailey (1964)	0.104 ---	1.7408(24) 1.6140(24)	1.6105(24) 1.6115(24)	1.64419(121)	1.7408(24) 1.6120(24)	0.1288(28)
3*	Pellotsalo	Blasi *et al.* (1987a)	0.027 0.030	1.7378(15) 1.6128(11)	1.6140(14) 1.6137(14)	1.64456(68)	1.7378(15) 1.6135(8)	0.1243(17)
4*	Prilep	Strob (1983)	0.024 0.027	1.7385(4) 1.6134(4)	1.6144(4) 1.6151(4)	1.64536(19)	1.7385(4) 1.6143(2)	0.1242(4)
5*	Pikes Peak 7813A	Blasi *et al.* (1984b)	0.033 0.033	1.7372(15) 1.6152(15)	1.6120(15) 1.6142(15)	1.64469(75)	1.7372(15) 1.6138(9)	0.1234(17)
6*	Pikes Peak 7813B	Blasi *et al.* (1984b)	0.033 0.034	1.7385(15) 1.6120(14)	1.6152(15) 1.6135(15)	1.64481(74)	1.7385(15) 1.6136(8)	0.1249(17)
7*	Pikes Peak 7813C refinement (a)	Blasi & De Pol Blasi (1994)	0.016 0.018	1.7388(4) 1.6122(4)	1.6141(4) 1.6159(4)	1.64525(22)	1.7388(4) 1.6141(3)	0.1248(5)
8*	Pikes Peak 7813C refinement (b)	Blasi & De Pol Blasi (1994)	0.019 0.020	1.7391(2) 1.6129(3)	1.6142(3) 1.6158(3)	1.64551(13)	1.7391(2) 1.6143(2)	0.1247(3)
				low albite				
9	Ramona	Ferguson *et al.* (1958); Ribbe *et al.* (1969)	0.068 ---	1.7457(23) 1.6102(23)	1.6148(23) 1.6122(23)	1.64575(115)	1.7457(23) 1.6124(13)	0.1333(27)
10	Tiburon†	Wainwright & Starkey (1969)¶	0.045§ ---	1.7399 1.6091	1.6137 1.6149	1.64438	1.7399 1.6126	0.1273
11*	Amelia X-ray data	Harlow & Brown (1980)	0.040 0.035	1.7422(10) 1.6070(10)	1.6152(10) 1.6160(10)	1.64513(50)	1.7422(10) 1.6127(6)	0.1295(12)
12*	Amelia neutron data	Harlow & Brown (1980)	0.021 0.024	1.7429(5) 1.6087(4)	1.6141(4) 1.6156(4)	1.64531(21)	1.7429(5) 1.6128(2)	0.1301(5)
13	Amelia at 13 K neutron data	Smith *et al.* (1986)	0.0223▿ 0.0298▿	1.7433(3) 1.6106(2)	1.6148(2) 1.6165(2)	1.64629(12)	1.7433(3) 1.6139(1)	0.1294(3)
14*	Cazadero	Wenk & Kroll (1984)	0.0262 0.0367	1.7410(8) 1.6098(8)	1.6148(8) 1.6165(8)	1.64550(38)	1.7410(8) 1.6137(4)	0.1273(9)
15*	Roc Tourné†	Armbruster *et al.* (1990)	0.020 0.034	1.7422(4) 1.6103(4)	1.6149(4) 1.6164(4)	1.64595(20)	1.7422(4) 1.6139(2)	0.1283(5)
16	Crete†	Downs *et al.* (1994)	0.031 0.034	1.7381(8) 1.6108(8)	1.6156(8) 1.6166(8)	1.64528(40)	1.7381(8) 1.6143(5)	0.1238(9)

Note: The ⟨⟨*T*-O⟩⟩ and ⟨Si-O⟩ distances, as well as the difference Δ = ⟨Al-O⟩ – ⟨Si-O⟩, were calculated starting from individual *T*-O distances rather than mean *T*-O distances to avoid truncation and rounding errors. All σ values were calculated from the Law of Propagation of Errors (see Blasi, 1977), with assumptions indicated as (a) and (b) in the section on methods. Estimated standard errors (1σ) are given in parentheses and refer to the last decimal place.
* Specimens employed to obtain the data proposed in this work.
† Individual *T*-O distances were calculated from atomic coordinates using the ORFFE4 program (Busing *et al.*, 1985).
¶ Also Starkey & Wainwright (1970: lattice constants), Smith (1974a, Table 4-1, p. 86: atomic positional parameters), and Winter *et al.* (1977: individual *T*-O distances). Values of σ not available.
§ Starkey & Wainwright (1970) gave *R*=0.044.
▿ Based on F^2.

(see Blasi & De Pol Blasi, 1994, Table 5). The structure refinement of the Tiburon albite is thirty years old: the *R* value is 0.045 (Wainwright & Starkey, 1969) and s values are not available. The low values of the three distances ⟨*T*1*m*-O⟩, ⟨*T*2*o*-O⟩, and ⟨*T*2*m*-O⟩ (average = 1.6126 Å: see Table 1) are not consistent with the relatively low value of the ⟨*T*1*o*-O⟩ distance (1.7399 Å: see Table 1) and the relatively high value of the cell angle g (87.725°: Starkey & Wainwright, 1970). Furthermore, both the ⟨*T*1*o*-O⟩ distance and the g angle of the Tiburon

Table 2. Reference values for the $\langle\langle T\text{-O}\rangle\rangle^a$ distance, the $\langle\text{Al-O}\rangle^a$ and $\langle\text{Si-O}\rangle^a$ distances, and the difference $\Delta^a = \langle\text{Al-O}\rangle^a - \langle\text{Si-O}\rangle^a$ in low microcline and low albite.

Reference	Sources of data†	$\langle\langle T\text{-O}\rangle\rangle^a$	$\langle\text{Al-O}\rangle^a$	$\langle\text{Si-O}\rangle^a$	Δ^a
		ångstroms			
low microcline					
Kroll & Ribbe (1983)¶	1, 2, 4, 5, 6	1.6446	1.738	1.613	0.125
Blasi *et al.* (1987a)	3, 4, 5, 6	1.6449	not given	not given	0.124§
Blasi & De Pol Blasi (1994)	not indicated	---	1.738	1.613	0.125
Ribbe (1994)	not indicated	---	1.738	1.613	0.125
Present work	3, 4, 5, 6, 7, 8	1.6450	1.738	1.614	0.124
low albite					
Kroll & Ribbe (1983)¶	10, 11, 12, 14	1.6451	1.742	1.613	0.130ᐁ
Blasi *et al.* (1987a)	10, 11, 12, 14	1.6451	not given	not given	0.129
Ribbe (1994)	12, 13	1.6457	1.743	1.613	0.130
Present work	11, 12, 14, 15	1.6455	1.742	1.613	0.129

† Numbers refer to specimens listed in Table 1.
¶ Also Ribbe (1984).
§ Blasi *et al.* (1987a) also considered a value of 0.125 Å.
ᐁ See Table 2 in Kroll & Ribbe (1983) or in Ribbe (1984).

albite would be consistent with a degree of Si,Al order intermediate between that of the Crete albite and that of the other specimens of low albite asterisked in Table 1. Unlike the other feldspars in Table 1, the Amelia albite at 13 K is virtually free from the swinging-arm effect (see Smith *et al.*, 1986). This effect causes an apparent shrinkage of *T*-O distances with increased thermal vibration, and is minimized near zero kelvin. The effect has been well-known for several decades (e.g., Cruickshank, 1956, 1961; Busing & Levy, 1964; Hazen & Finger, 1982, pp. 82-84; Hazen, 1985; Prince, 1994, p. 132) and was observed in alkali feldspars investigated at high temperatures by several investigators (e.g., Ohashi & Finger, 1974: high sanidine; Prewitt *et al.*, 1976: synthetic high albite; Winter *et al.*, 1977: natural low albite). The swinging-arm effect reduces at room temperature and can still be detected at temperatures between room temperature and zero kelvin, as is the case with the Itrongay orthoclase investigated at 121 K by Kimata *et al.* (1996) (see the relevant section). The swinging-arm effect in feldspars was further discussed by Smith (1974a, p. 58), Harlow & G.E. Brown (1980), and Smith & Brown (1988, p. 37, p. 63, and p. 74). On the basis of a rigid-body thermal analysis, a simple expression was proposed by Downs *et al.* (1992) for correcting bond lengths for thermal vibrations.

Table 2 presents reference values for the $\langle\langle T\text{-O}\rangle\rangle^a$ distance, the $\langle\text{Al-O}\rangle^a$ and $\langle\text{Si-O}\rangle^a$ distances, as well as the difference $\Delta^a = \langle\text{Al-O}\rangle^a - \langle\text{Si-O}\rangle^a$ obtained from specimens in Table 1. The *a* apex means "averaged over more than one specimen": the specimens employed in the averages are indicated in the column "sources of data".

The reference values proposed by Kroll & Ribbe (1983) and Ribbe (1984) for low microcline (see Table 2) are based on five specimens: two of them are the Pellotsalo microcline of B.E. Brown & Bailey (1964) and the Pontiskalk microcline of Finney & Bailey (1964). As mentioned earlier, the data for these two specimens should be disregarded because of their lower accuracy. Note that the values for their ⟨Al-O⟩ distance are 1.7408 and 1.7348 Å, respectively (see Table 1), the first value being abnormally high for a low microcline (Blasi *et al.* 1984b), and the second one being consistent with appreciable residual Si,Al disorder, such as that observed in the Khibiny microcline (see the relevant section and Table A1-a). The average of these two values gives 1.738 Å, which coincides by mere chance with the value obtained from the average of the other three specimens (4, 5, and 6 in Table 2) selected by Kroll & Ribbe (1983) and Ribbe (1984).

The values for $\langle\text{Al-O}\rangle^a$ and $\langle\text{Si-O}\rangle^a$ distances proposed by Kroll & Ribbe (1983) and Ribbe (1984) for low albite (see Table 2) give a difference of $\Delta^a = \langle\text{Al-O}\rangle^a - \langle\text{Si-O}\rangle^a$ of 0.129 Å, whereas the actual value adopted by these authors was 0.130 Å. Blasi *et al.* (1987a), who based their reference values on the same specimens as those used by Kroll & Ribbe (1983) and Ribbe (1984), adopted a $\Delta^a = \langle\text{Al-O}\rangle^a - \langle\text{Si-O}\rangle^a$ value of 0.129 Å. Note that the slightly disordered Tiburon albite was included by Kroll & Ribbe (1983), Ribbe (1984), and Blasi *et al.* (1987a) among the specimens employed to estimate the $\Delta^a = \langle\text{Al-O}\rangle^a - \langle\text{Si-O}\rangle^a$ difference.

More recently, in estimating the values for the $\langle\text{Al-O}\rangle^a$ and $\langle\text{Si-O}\rangle^a$ distances in low albite, Ribbe (1994, p. 6) employed the data for the Amelia albite refined by neutron diffraction at room and low temperatures (see Table 2). This choice would not seem to be appropriate because it puts together data that are affected (Amelia albite at room temperature) and essentially unaffected (Amelia albite at 13 K) by the swinging-arm effect.

The new reference values for ⟨Al-O⟩^{a} and ⟨Si-O⟩^{a} distances presented in Table 2 were estimated from the specimens asterisked in Table 1: the values are 1.738 and 1.614 Å, respectively, for low microcline, and 1.742 and 1.613 Å, respectively, for low albite, the difference D^a = ⟨Al-O⟩^{a} - ⟨Si-O⟩^{a} being equal to 0.124 and 0.129 Å in low microcline and low albite, respectively. The Amelia low albite refined by neutron diffraction at room temperature was included among the specimens employed to estimate ⟨Al-O⟩^{a} and ⟨Si-O⟩^{a} distances, on the assumption that neutron and X-ray diffraction give similar accuracy for *T*-O distances in alkali feldspar.

In principle, the reference values proposed in this work for the ⟨Al-O⟩^{a} and ⟨Si-O⟩^{a} distances should be employed for estimating the Al contents of the *T* sites in specimens of K- and Na-rich feldspars used in structure determinations at room temperature. This does not rule out the fact that the values for the ⟨Al-O⟩^{a} and ⟨Si-O⟩^{a} distances can be used to determine Al contents in specimens worked at non-ambient temperature. This can be done for the sake of comparison with the corresponding data obtained at room temperature (see the section on methods), bearing in mind that the resulting Al contents are biased to different extents because of the swinging-arm effect.

Hitherto the values chosen for the ⟨Al-O⟩^{a} and ⟨Si-O⟩^{a} distances in alkali feldspars have been based on the rough *T*-O data obtained directly from structure refinements. The individual *T*-O distances could be corrected for swinging-arm effect and other bonding perturbations before calculating the values for ⟨Al-O⟩^{a} and ⟨Si-O⟩^{a} distances: this procedure of normalization, however, is not without its own difficulties and could introduce other uncertainties.

Conclusions

The results obtained from investigation of pegmatitic alkali feldspars used in structure determination include (1) information on the genetic conditions of the specimen and the host rock, (2) structural details of phase transition in K- and Na-rich feldspars, (3) unraveling of fine aspects of the alkali feldspar structure, such as time-average or space-average behavior of atomic displacements (4) estimate of Al-O and Si-O distances, which can be obtained solely from essentially fully ordered specimens (e.g., low microcline: *Pellotsalo*, 1 specimen, *Prilep*, 1 specimen, *Pikes Peak*, 3 specimens; low albite: *Amelia*, 2 specimens) and are necessary for formulating the procedures for converting ⟨*T*-O⟩ distances into tetrahedral Al contents in alkali feldspars, (5) structural and metric data from essentially fully ordered (the same above-mentioned specimens) and essentially fully disordered (e.g., high sanidine: *Buck Claim 18-I*, 1 specimen of adularia) alkali feldspars, needed to calibrate diagrams based on metric properties for estimating Si,Al distributions.

Acknowledgments

We wish to thank Federico Pezzotta for his efficient direction of the First International Workshop (honouring Ettore Artini) on Petrology, Rare Minerals and Gemstones of Shallow-Depth Pegmatites, Milan, Italy, September 11 to 13, 1997, sponsored by the Museo Civico di Storia Naturale, Milan. Herbert Kroll kindly provided the data on the Prilep amazonite. Thanks are also due to Mitsuyoshi Kimata for information on the Itrongay orthoclase at 121 K. Financial support was provided by the Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica, Rome, through the project "Relations between structure and properties in minerals: analysis and applications". Laboratory facilities and further funding were provided by the Institution with which the authors are associated and by the Centro di Studio per la Geodinamica Alpina e Quaternaria del Consiglio Nazionale delle Ricerche, Milan.

References

Armbruster Th., Bürgi H.B., Kunz M., Gnos E., Brönnimann St. & Lienert Ch., 1990 - Variation of displacement parameters in structure refinements of low albite. *American Mineralogist*, 75: 135-140.

Bailey S.W., 1969 - Refinement of an intermediate microcline structure. *American Mineralogist*, 54: 1540-1545.

Bailey S.W. & Taylor W.H., 1955 - The structure of a triclinic potassium felspar. *Acta Crystallographica*, 8: 621-632.

Bambauer H.U., Krause C. & Kroll H., 1989 - TEM-investigation of the sanidine/microcline transition across metamorphic zones: the K-feldspar varieties. *European Journal of Mineralogy*, 1: 47-58.

Becker P.J. & Coppens P., 1974 - Extinction within the limit of validity of the Darwin transfer equations. I. General formalisms for primary and secondary extinction and their application to spherical crystals. *Acta Crystallographica*, A30: 129-147.

Beherens H., Klein J. & Hafner S.S., 1995 - Iron bearing aggregates in potassium rich alkali feldspars. *Berichte der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft*, 1: 23 (abstr.).

Blasi A., 1977 - Calculation of *T*-site occupancies in alkali feldspar from refined lattice constants. *Mineralogical Magazine*, 41: 525-526.

Blasi A., 1980 - Different behavior of D(*bc*) and D(*b**c**) in alkali feldspar. *Neues Jahrbuch für Mineralogie Abhandlungen*, 138: 109-121.

Blasi A. & Blasi De Pol C., 1977 - Role and convenience of lattice elements for deriving Si,Al distribution in alkali feldspar. *Rendiconti Società Italiana di Mineralogia e Petrologia*, 33: 497-509.

Blasi A., Brajkovic A. & De Pol Blasi C., 1984a - Dry-heating conversion of low microcline to high sanidine via a one-step disordering process. *Bulletin de Minéralogie*, 107: 423-435.

Blasi A., Brajkovic A., De Pol Blasi C., Foord E.E., Martin R.F. & Zanazzi P.F., 1984b - Structure refinement and genetic aspects of a microcline overgrowth on amazonite from Pikes Peak batholith, Colorado, U.S.A. *Bulletin de Minéralogie*, 107: 411-422.

Blasi A. & Blasi De Pol C., 1980 - Highly ordered triclinic K-feldspars from Mt. Pélago anatexites (Argentera Massif, Maritime Alps). *Bulletin de Minéralogie*, 103: 209-216.

Blasi A. & Blasi De Pol C., 1994 - Aspects of alkali feldspar characterization: prospects and relevance to problems outstanding. In: Parsons I. (ed.). Feldspars and their reactions. NATO ASI Series C 421. *Kluwer Academic Publishers*, Dordrecht: 51-101.

Blasi A., De Pol Blasi C. & Zanazzi P.F., 1987a - A re-examination of the Pellotsalo microcline: mineralogical implications and genetic considerations. *Canadian Mineralogist*, 25: 527-537.

Blasi A., De Pol Blasi C. & Zanazzi P.F., 1987b - Structure refinement of a high sanidine produced by dry annealing a Bedford low microcline for 200 days at 1050 °C. *Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia*, 42: 325 (abstr.).

Borutskiy B.Ye., Organova N.I., Marsiy I.M., Simonov M.A. & Zhelezin Ye. P., 1985 - The crystal structures and Si/Al-ordering in adularia and microcline from Khibiny. *International Geology Review*, 27: 746-753. Translated from "Kristal-

licheskiye struktury i Si/Al-uporyadochennost' adulyara i mikroklina iz Khibin", *Izvestiya AN SSSR, seriya geologicheskaya*, 1984, No. 12, pp. 96-103.

BROWN B.E. & BAILEY S.W., 1964 - The structure of maximum microcline. *Acta Crystallographica*, 17: 1391-1400.

BROWN G.E., JR. & EWING R.C., 1986 - Introduction to the Jahns memorial issue. *American Mineralogist*, 71: 233-238.

BROWN G.E., HAMILTON W.C., PREWITT C.T. & SUENO S., 1974 - Neutron diffraction study of Al/Si ordering in sanidine: a comparison with X-ray diffraction data. In: MacKenzie W.S. & Zussman J. (eds). The feldspars. *Manchester University Press*, Manchester: 68-80.

BROWN W.L., OPENSHAW R.E., MCMILLAN P.F. & HENDERSON C.M.B., 1984 - A review of the expansion behavior of alkali feldspars: coupled variations in cell parameters and possible phase transitions. *American Mineralogist*, 69: 1058-1071.

BROWN W.L. & PARSONS I., 1989 - Alkali feldspars: ordering rates, phase transformations and behaviour diagrams for igneous rocks. *Mineralogical Magazine*, 53: 25-42.

BUSING W.R. & LEVY H.A., 1964 - The effect of thermal motion on the estimation of bond lengths from diffraction measurements. *Acta Crystallographica*, 17: 142-146.

BUSING W.R., MARTIN K.O. & LEVY H.A., 1985 - ORFFE4: A Fortran crystallographic function and error program (with modifications by G.M. Brown , C.K. Johnson, and W.E. Thiessen). *Oak Ridge National Laboratory*, Oak Ridge, Tennessee.

CALLEGARI E., DE PIERI R., MEZZACASA G. & PICCIRILLO E.M., 1974 - Potassium feldspars from the igneous rocks of the Adamello Massif (Northern Italy). I. Chemical data. *Memorie degli Istituti di Geologia e Mineralogia dell'Università di Padova*, 31: 1-36.

CARPENTER M.A. & SALJE E.K.H., 1994 - Thermodynamics of nonconvergent cation ordering in minerals: III. Order parameter coupling in potassium feldspar. *American Mineralogist*, 79: 1084-1098.

»ERN_ P., 1982 - Anatomy and classification of granitic pegmatites. In: »ern_ P. (ed.). Granitic pegmatites in science and industry. *Mineralogical Association of Canada, Short Course Handbook*, 8: 1-39.

»ERN_ P., 1989 - Characteristics of pegmatite deposits of tantalum. In: Möller P., »ern_ P. & Saupé F. (eds.). Lanthanides, Tantalum and Niobium. *Springer-Verlag*, Berlin: 195-239.

»ERN_ P., 1994 - Evolution of feldspars in granitic pegmatites. In: Parsons I. (ed.). Feldspars and their reactions. NATO ASI Series C 421. *Kluwer Academic Publishers*, Dordrecht: 501-540.

»ERN_ P. & CHAPMAN R., 1984 - Paragenesis, chemistry and structural state of adularia from granitic pegmatites. *Bulletin de Minéralogie*, 107: 369-384.

»ERN_ P. & CHAPMAN R., 1986 - Adularia from hydrothermal vein deposits: extremes in structural states. *Canadian Mineralogist*, 24: 717-728.

CHAO S.H., HARGREAVES A. & TAYLOR W.H., 1940 - The structure of orthoclase. *Mineralogical Magazine*, 25: 498-512.

COLE W.F., SÖRUM H. & KENNARD O., 1949 - The crystal structures of orthoclase and sanidinized orthoclase. *Acta Crystallographica*, 2: 280-287.

COLVILLE A.A. & RIBBE P.H., 1968 - The crystal structure of an adularia and a refinement of the structure of orthoclase. *American Mineralogist*, 53: 25-37.

COOMBS D.S., 1954 - Ferriferous orthoclase from Madagascar. *Mineralogical Magazine*, 30: 409-427.

CROSBY P., 1971 - Composition and structural state of alkali feldspars from charnockitic rocks of Whiteface Mountain, New York. *American Mineralogist*, 56: 1788-1811.

CRUICKSHANK D.W.J., 1956 - Errors in bond lengths due to rotational oscillations of molecules. *Acta Crystallographica*, 9: 757-758.

CRUICKSHANK D.W.J., 1961 - Coordinate errors due to rotational oscillations of molecules. *Acta Crystallographica*, 14: 896-897.

DAL NEGRO A., DE PIERI R., QUARENI S. & TAYLOR W.H., 1978 - The crystal structures of nine K feldspars from the Adamello Massif (Northern Italy). *Acta Crystallographica*, B34: 2699-2707.

DAL NEGRO A., DE PIERI R., QUARENI S. & TAYLOR W.H., 1980 - The crystal structures of nine K feldspars from the Adamello Massif (Northern Italy): erratum. *Acta Crystallographica*, B36: 3211.

DEER W.A., HOWIE R.A. & ZUSSMAN J., 1975 - Rock-forming minerals. Vol. 4. Framework silicates. *Longman*, London.

DE PIERI R., 1979 - Cell dimensions, optic axial angle and structural state in triclinic K-feldspars of the Adamello Massif (Northern Italy). *Memorie di Scienze Geologiche*, 32: 1-17.

DOWNS R.T., GIBBS G.V., BARTELMEHS K.L. & BOISEN M.B., JR., 1992 - Variations of bond lengths and volumes of silicate tetrahedra with temperature. *American Mineralogist*, 77: 751-757.

DOWNS R.T., HAZEN R.M. & FINGER L.W., 1994 - The high-pressure crystal chemistry of low albite and the origin of the pressure dependency of Al-Si ordering. *American Mineralogist*, 79: 1042-1052.

DUBA A. & PIWINSKII A.J., 1974 - Electrical conductivity of albite. *EOS, Transactions, American Geophysical Union*, 55: 470 (abstr.).

EGGLETON R.A. & BUSECK P.R., 1980 - The orthoclase-microcline inversion: a high-resolution transmission electron microscope study and strain analysis. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 74: 123-133.

EMMONS R.C. (ed.), GATES R.M., CLABAUGH S.E., CRUMP R.M., KETNER K.B., MANN VIRGIL, REYNOLDS C.D., SAUNDERS D.F., BRADLEY CHARLES & LYONS E.J., 1953 - Selected petrogenic relationships of plagioclase. *Geological Society of America*, Memoir 52, 142 pp.

ESKOLA P., 1951 - Around Pitkäranta. *Annales Academiae Scientiarum Fennicae*, Series A III, 27: 1-90.

FENN P.M. & BROWN G.E., 1977 - Crystal structure of a synthetic, compositionally intermediate, hypersolvus alkali feldspar: evidence for Na,K site ordering. *Zeitschrift für Kristallographie*, 145: 124-145.

FERGUSON R.B., BALL N.A. & »ERN_ P., 1991 - Structure refinement of an adularian end-member high sanidine from the Buck Claim pegmatite, Bernic Lake, Manitoba. *Canadian Mineralogist*, 29: 543-552.

FERGUSON R.B., TRAILL R.J. & TAYLOR W.H., 1958 - The crystal structures of low-temperature and high-temperature albites. *Acta Crystallographica*, 11: 331-348.

FINNEY J.J. & BAILEY S.W., 1964 - Crystal structure of an authigenic maximum microcline. *Zeitschrift für Kristallographie*, 119: 413-436.

FITZ GERALD J.D., PARISE J.B. & MACKINNON I.D.R., 1986 - Average structure of an An_{48} plagioclase from the Hogarth Ranges. *American Mineralogist*, 71: 1399-1408.

FOORD E.E., 1977 - Famous mineral localities: The Himalaya dike system, Mesa Grande district, San Diego County, California. *Mineralogical Record*, 8: 461-474.

FOORD E.E. & MARTIN R.F., 1979 - Amazonite from the Pikes Peak batholith. *Mineralogical Record*, 10: 373-384.

FOORD E.E., SPAULDING L.B., JR., MASON R.A. & MARTIN R.F., 1989 - Mineralogy and paragenesis of the Little Three mine pegmatites, Ramona District, San Diego County, California. *Mineralogical Record*, 20: 101-127.

FOORD E.E., STARKEY H.C. & TAGGART J.E., JR., 1986 - Mineralogy and paragenesis of "pocket" clays and associated minerals in complex granitic pegmatites, San Diego County, California. *American Mineralogist*, 71: 428-439.

GOLDSMITH J.R. & LAVES F., 1961 - The sodium content of microclines and the microcline-albites series. *Cursillos y Conferencias del Instituto "Lucas Mallada"*, 8: 81-96.

HARLOW G.E. & BROWN G.E., JR., 1980 - Low albite: an X-ray and neutron diffraction study. *American Mineralogist*, 65: 986-995.

HAZEN R.M., 1985 - Comparative crystal chemistry and the polyhedral approach. In: Kieffer S.W. & Navrotsky A. (eds.). Microscopic to macroscopic. Atomic environments to mineral thermodynamics. *Mineralogical Society of America, Reviews in Mineralogy*, 14: 317-346.

HAZEN R.M. & FINGER L.W., 1982 - Comparative crystal chemistry. Temperature, pressure, composition and the variation of crystal structure. *John Wiley & Sons*, Chichester.

HOFMEISTER A.M. & ROSSMAN G.R., 1983 - Color in feldspars. In: Ribbe P.H. (ed.). Feldspar mineralogy (2nd edition). *Mineralogical Society of America, Reviews in Mineralogy*, 2: 271-280.

HOFMEISTER A.M. & ROSSMAN G.R., 1984 - Determination of Fe^{3+} and Fe^{2+} concentrations in feldspar by optical absorption and EPR spectroscopy. *Physics and Chemistry of Minerals*, 11: 213-224.

HORSKY S.J. & MARTIN R.F., 1977 - The anomalous ion-exchange behavior of "ordered" orthoclase. *American Mineralogist*, 62: 1191-1199.

HOVIS G.L., 1986 - Behavior of alkali feldspars: Crystallographic properties and characterization of composition and Al-Si distribution. *American Mineralogist*, 71: 869-890.

JAHNS R.H., 1954 - Pegmatites of southern California. In: Geolo-

gy of southern California. *California Division Mines Bulletin*, 170, Chapter 7: 37-50 (not seen; extracted from Prince *et al.*, 1973).

JAHNS R.H., 1982 - Internal evolution of pegmatite bodies. In: »ern_ P. (ed.). Granitic pegmatites in science and industry. *Mineralogical Association of Canada, Short Course Handbook*, 8: 293-327.

JAHNS R.H. & BURNHAM C.W., 1969 - Experimental studies of pegmatite genesis: I. A model for the derivation and crystallization of granitic pegmatites. *Economic Geology*, 64: 843-864.

JONES J.B. & TAYLOR W.H., 1961a - The structure of orthoclase. *Cursillos y Conferencias del Instituto "Lucas Mallada"*, 8: 33-36.

JONES J.B. & TAYLOR W.H., 1961b - The structure of orthoclase. *Acta Crystallographica*, 14: 443-456.

KEEFER K.D. & BROWN G.E., 1978 - Crystal structures and compositions of sanidine and high albite in cryptoperthitic intergrowth. *American Mineralogist*, 63: 1264-1273.

KIMATA M., SAITO S., SHIMIZU M., IIDA I. & MATSUI T., 1996 - Low-temperature crystal structures of orthoclase and sanidine. *Neues Jahrbuch für Mineralogie Abhandlungen*, 171: 199-213.

KROLL H. & KNITTER R., 1991 - Al,Si exchange kinetics in sanidine and anorthoclase and modeling of rock cooling paths. *American Mineralogist*, 76: 928-941.

KROLL H., KRAUSE C. & VOLL G., 1991 - Disordering, re-ordering and unmixing in alkali feldspars from contact-metamorphosed quartzites. In: Voll G., Töpel J., Pattison D.R.M., Seifert F. (eds.). Equilibrium and kinetics in contact metamorphism. The Ballachulish igneous complex and its aureole. *Springer-Verlag*, Berlin: 267-296.

KROLL H. & RIBBE P.H., 1983 - Lattice parameters, composition and Al,Si order in alkali feldspars. In: Ribbe P.H. (ed.). Feldspar mineralogy (2nd edition). *Mineralogical Society of America, Reviews in Mineralogy*, 2: 57-99.

KROLL H. & RIBBE P.H., 1987 - Determining (Al,Si) distribution and strain in alkali feldspars using lattice parameters and diffraction-peak positions: A review. *American Mineralogist*, 72: 491-506.

KROLL H., SCHMIEMANN I. & VON CÖLLN G., 1986 - Feldspar solid solutions. *American Mineralogist*, 71: 1-16.

LARSON A.C., 1970 - The inclusion of secondary extinction in least-squares refinement of crystal structures. In: Ahmed F.R. (ed.). Crystallographic computing. *Munksgaard*, Copenhagen: 291-294.

LAVES F., 1950 - The lattice and twinning of microcline and other potash feldspars. *Journal of Geology*, 58: 548-571.

LAVES F., 1951 - A revised orientation of microcline and its geometrical relation to albite and cryptoperthites. *Journal of Geology*, 59: 510-511.

LAVES F., 1952 - Phase relations of the alkali feldspars. II. The stable and pseudo-stable phase relations in the alkali feldspar system. *Journal of Geology*, 60: 549-574.

LONDON D., 1986 - Formation of tourmaline-rich gem pockets in miarolitic pegmatites. *American Mineralogist*, 71: 396-405.

MARTIN R.F., 1974 - Controls of ordering and subsolidus phase relations in the alkali feldspars. In: MacKenzie W.S. & Zussman J. (eds). The feldspars. *Manchester University Press*, Manchester: 313-336.

MARTIN R.F., 1982 - Quartz and the feldspars. In: »ern_ P. (ed.). Granitic pegmatites in science and industry. *Mineralogical Association of Canada, Short Course Handbook*, 8: 41-62.

MCCONNELL J.D.C., 1965 - Electron optical study of effects associated with partial inversion in a silicate phase. *Philosophical Magazine*, 11: 1289-1301.

MCLAREN A.C. & FITZ GERALD J.D., 1987 - CBED and ALCHEMI investigation of local symmetry and Al,Si ordering in K-feldspars. *Physics and Chemistry of Minerals*, 14: 281-292.

NORD G.L., JR., 1992 - Imaging transformation-induced microstructures. In: Buseck P.R. (ed). Minerals and reactions at the atomic scale: transmission electron microscopy. *Mineralogical Society of America, Reviews in Mineralogy*, 27: 455-508.

NYFELER D., ARMBRUSTER T. & VILLA I.M., 1998 - Si, Al, Fe order-disorder in Fe-bearing K-feldspar from Madagascar and its implications to Ar diffusion. *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*, 78: 11-20.

O'BRIENT J.D., 1986 - Preservation of primary magmatic features in subvolcanic pegmatites, aplites, and granite from Rabb Park, New Mexico. *American Mineralogist*, 71: 608-624.

OHASHI Y. & FINGER L.W., 1974 - Refinement of the crystal structure of sanidine at 25 and 400 °C. *Carnegie Institution of Washington Year Book*, 73: 539-544.

OKAMURA F.P. & GHOSE S., 1975a - Analbite Æ monalbite transition in a heat treated twinned Amelia albite. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 50: 211-216.

OKAMURA F.P. & GHOSE S., 1975b - Crystal structure of monalbite at 980 °C. *Geological Society of America, Abstracts with Programs*, 7: 1218 (abstr.).

OPENSHAW R.E., HEMINGWAY B.S., ROBIE R.A., KRUPKA K.M., 1979a - A room-temperature phase transition in maximum microcline. Heat capacity measurements. *Physics and Chemistry of Minerals*, 5: 83-93.

OPENSHAW R.E., HENDERSON C.M.B. & BROWN W.L., 1979b - A room-temperature phase transition in maximum microcline. Unit cell parameters and thermal expansion. *Physics and Chemistry of Minerals*, 5: 95-104.

PHILLIPS M.W. & RIBBE P.H., 1973 - The structures of monoclinic potassium-rich feldspars. *American Mineralogist*, 58: 263-270.

PHILLIPS M.W., ZHANG H. & KROLL H., 1988 - The structure of a natural maximum microcline at 294 K and 163 K: The "room-temperature" phase transition revisited. *Geological Society of America, Abstracts with Programs*, 20: 225 (abstr.).

PREWITT C.T., SUENO S. & PAPIKE J.J., 1976 - The crystal structures of high albite and monalbite at high temperatures. *American Mineralogist*, 61: 1213-1225.

PRINCE E., 1994 - Mathematical techniques in crystallography and material science. *Springer-Verlag*, Berlin.

PRINCE E., DONNAY G. & MARTIN R.F., 1973 - Neutron diffraction refinement of an ordered orthoclase structure. *American Mineralogist*, 58: 500-507.

QUARENI S. & TAYLOR W.H., 1971 - Anisotropy of the sodium atom in low albite. *Acta Crystallographica*, B27: 281-285.

RIBBE P.H., 1963 - A refinement of the crystal structure of sanidinized orthoclase. *Acta Crystallographica*, 16: 426-427.

RIBBE P.H., 1983 - Chemistry, structure and nomenclature of feldspars. In: Ribbe P.H. (ed.). Feldspar mineralogy (2nd edition). *Mineralogical Society of America, Reviews in Mineralogy*, 2: 1-19.

RIBBE P.H., 1984 - Average structures of alkali and plagioclase feldspars: systematics and applications. In: Brown W.L. (ed.). Feldspars and feldspathoids. NATO ASI Series C 137. *D. Reidel Publishing Company*, Dordrecht: 1-54.

RIBBE P.H., 1994 - The crystal structures of the aluminum-silicate feldspars. In: Parsons I. (ed.). Feldspars and their reactions. NATO ASI Series C 421. *Kluwer Academic Publishers*, Dordrecht: 1-49.

RIBBE P.H., MEGAW H.D., TAYLOR W.H., FERGUSON R.B. & TRAILL R.J., 1969 - The albite structures. *Acta Crystallographica*, B25: 1503-1518.

ROBIN P.-Y. F., 1974 - Stress and strain in cryptoperthite lamellae and the coherent solvus of alkali feldspars. *American Mineralogist*, 59: 1299-1318.

SHELDRICK G.M., 1993 - SHELXL-93. Program for crystal structure refinement. *University of Göttingen*, Germany.

SINKANKAS J., 1968 - Classic mineral occurrences: I. Geology and mineralogy of the Rutherford pegmatites, Amelia, Virginia. *American Mineralogist*, 53: 373-405.

SMITH J.V., 1974a - Feldspar minerals. Vol. 1. Crystal structure and physical properties. *Springer-Verlag*, Berlin.

SMITH J.V., 1974b - Feldspar minerals. Vol. 2. Chemical and textural properties. *Springer-Verlag*, Berlin.

SMITH J.V., ARTIOLI G. & KVICK Å., 1986 - Low albite, $NaAlSi_3O_8$: neutron diffraction study of crystal structure at 13 K. *American Mineralogist*, 71: 727-733.

SMITH J.V. & BROWN W.L., 1988 - Feldspar minerals. Vol. 1. Crystal structures, physical, chemical, and microtextural properties. *Springer-Verlag*, Berlin.

SMITH J.V. & MACKENZIE W.S., 1959 - The alkali feldspars V. The nature of orthoclase and microcline perthites and observations concerning the polymorphism of potassium feldspar. *American Mineralogist*, 44: 1169-1186.

SMITH J.V. & RIBBE P.H., 1966 - X-ray emission microanalysis of rock-forming minerals. III. Alkali feldspars. *Journal of Geology*, 74: 197, 216.

SPENCER E., 1930 - A contribution to the study of moonstone from Ceylon and other areas and of the stability-relations of the alkali-felspars. *Mineralogical Magazine*, 22: 291-367.

SPENCER E., 1937 - The potash-soda-felspars. I. Thermal stability. *Mineralogical Magazine*, 24: 453-494.

STARKEY J. & WAINWRIGHT J.E.N., 1970 - Ueber die Struktur des

Tiefalbits aus Klüften in den Glaukophanischiefern Kaliforniens. *Fortschritte der Mineralogie*, 47: 64-65 (abstr.).

STERN L.A., BROWN G.E., JR., BIRD D.K., JAHNS R.H., FOORD E.E., SHIGLEY J.E. & SPAULDING L.B., JR., 1986 - Mineralogy and geochemical evolution of the Little Three pegmatite-aplite layered intrusive, Ramona, California. *American Mineralogist*, 71: 406-427.

STEWART D.B., 1974 - Optic axial angle and extinction angles of alkali feldspars related by cell parameters to Al/Si order and composition. In: MacKenzie W.S. & Zussman J. (eds). The feldspars. NATO ASI Manchester 1972. *Manchester University Press*, Manchester: 145-161.

STEWART D.B. & WRIGHT T.L., 1974 - Al/Si order and symmetry of natural alkali feldspars, and the relationship of strained cell parameters to bulk composition. *Bulletin de la Société française de Minéralogie et de Cristallographie*, 97: 356- 377.

STROB W.-D., 1983 - Strukturverfeinerung eines Tief-Mikroklins. Zusammenhänge zwischen ⟨*T*-O⟩ Abständen und Al,Si-Ordnungsgrad und metrische Variation in einer Tief-Albit/Tief-Mi-kroklin-Mischkristallreihe. *Diplomarbeit, Institut für Mineralo-gie, Westfälischen Wilhelms-Universität*, Münster (not seen; extracted from Kroll & Ribbe, 1983).

SU S.C., BLOSS F.D., RIBBE P.H. & STEWART D.B., 1984 - Optic axial angle, a precise measure of Al,Si ordering in *T*1 tetrahedral sites of K-rich feldspars. *American Mineralogist,* 69: 440-448.

TAYLOR B.E., FOORD E.E. & FRIEDRICHSEN H., 1979 - Stable isotope and fluid inclusion studies of gem-bearing granitic pegmatite-aplite dikes, San Diego Co., California. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 68: 187-205.

TEERTSTRA D.K., HAWTHORNE F.C. & ČERNÝ P., 1998 - Identification of normal and anomalous compositions of minerals by electron-microprobe analysis: K-rich feldspar as a case study. *Canadian Mineralogist*, 36: 87-95.

TULLIS J., 1975 - Elastic strain effects in coherent perthitic feldspars. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 49: 83-91.

WAINWRIGHT J.E.N. & STARKEY J., 1969 - Crystal structure of a metamorphic low albite. *Geological Society of America, Abstracts for 1968*, 121: 310 (abstr.).

WALDBAUM D.R. & ROBIE R.A., 1971 - Calorimetric investigation of Na-K mixing and polymorphism in the alkali feldspars. *Zeitschrift für Kristallographie*, 134: 381-420.

WEISZ O., COCHRAN W. & COLE W.F., 1948 - The accurate determination of cell dimensions from single-crystal X-ray photographs. *Acta Crystallographica*, 1: 83-88.

WENK H.-R. & KROLL H., 1984 - Analysis of $P\bar{1}$, $I\bar{1}$ and $C\bar{1}$ plagioclase structures. *Bulletin de Minéralogie*, 107: 467-487.

WILLIAMS P.P. & MEGAW H.D., 1964 - The crystal structures of low and high albites at -180 °C. *Acta Crystallographica*, 17: 882-890.

WINTER J.K., GHOSE S. & OKAMURA F.P., 1977 - A high-temperature study of the thermal expansion and the anisotropy of the sodium atom in low albite. *American Mineralogist*, 62: 921-931.

WINTER J.K., OKAMURA F.P. & GHOSE S., 1979 - A high-temperature structural study of high albite, monalbite, and the analbite → monalbite phase transition. *American Mineralogist*, 64: 409-423.

WONES D.R., TATLOCK D.B. & VON LIMBACH D., 1967 - Coexisting orthoclase and microcline in altered volcanic rocks, West Humboldt Range, Pershing County, Nevada. *Schweizerische Minera-logische und Petrographische Mitteilungen*, 47: 169-176.

WRIGHT T.L. & STEWART D.B., 1968 - X-ray and optical study of alkali feldspar: I. Determination of composition and structural state from refined unit-cell parameters and 2*V*. *American Mineralogist*, 53: 38-87.

WYNCKE B., MCMILLAN P.F., BROWN W.L., OPENSHAW R.E. & BRÉHAT F., 1981 - A room-temperature phase transition in maximum microcline. Absorption in the far infrared (10-200 cm^{-1}) in the temperature range 110-300 K. *Physics and chemistry of minerals*, 7: 31-34.

APPENDIX: Table A1 and Table A2

Table A1. Specimen description and geological occurrence, crystal dimensions, lattice constants, structural indicators $\Delta(bc)$, $\Delta(b^*c^*)$, $\Delta(\alpha\gamma)$, and $\Delta(\alpha^*\gamma^*)$, N_{Or} contents from V and a, discrepancy factors and number of diffractions used in structure refinement, $\langle T\text{-O}\rangle$ distances and derived Al contents of T sites for K-rich feldspars from granitic pegmatites.

(a) room-temperature crystal structures of natural K-rich feldspars

Pellotsalo low microcline (B.E. Brown & Bailey, 1964)

Specimen
No. SM4709 in the Helsinki collection, supplied by J.R. Goldsmith.

Occurrence
Brown & Bailey (1964) described the specimen as being from a granitic body on Pellotsalo, an island in Lake Ladoga, Russia.

Crystal dimensions
0.15 × 0.20 × 0.25 mm.

Lattice constants
$a = 8.560(4)$, $b = 12.964(7)$, $c = 7.215(3)$ Å,
$\alpha = 90.66(8)$, $\beta = 115.84(8)$, $\gamma = 87.70(8)°$,
$V = 720.0$ Å^3,
$a^* = 0.12990$, $b^* = 0.07720$, $c^* = 0.15400$ Å^{-1},
$\alpha^* = 90.38$, $\beta^* = 64.17$, $\gamma^* = 92.23°$,
$V^* = 0.0013888$ Å^{-3}
(original data);
$a = 8.567$, $b = 12.964$, $c = 7.221$ Å,
$\alpha = 90.660$, $\beta = 115.935$, $\gamma = 87.703°$,
$V = 720.6$ Å^3,
$a^* = 0.12990$, $b^* = 0.07720$, $c^* = 0.15400$ Å^{-1},
$\alpha^* = 90.38$, $\beta^* = 64.07$, $\gamma^* = 92.23°$,
$V^* = 0.0013877$ Å^{-3}
(corrected from original data: see Blasi *et al.*, 1987a).

Structural indicators
$\Delta(bc) = 0.951$, $\Delta(b^*c^*) = 0.998$,
$\Delta(\alpha\gamma) = 0.985$, $\Delta(\alpha^*\gamma^*) = 0.985$
(from original set of lattice constants);
$\Delta(bc) = 0.993$, $\Delta(b^*c^*) = 0.998$,
$\Delta(\alpha\gamma) = 0.985$, $\Delta(\alpha^*\gamma^*) = 0.985$
(from corrected set of lattice constants).

Compositions from V and a
N_{Or} from V: 0.929 (eq. 3), 0.930 (eq. 8),
N_{Or} from a: 0.920 (eq. 9)
(from original set of lattice constants);
N_{Or} from V: 0.945 (eq. 3), 0.947 (eq. 8),
N_{Or} from a: 0.939 (eq. 9)
(from corrected set of lattice constants).

Discrepancy factor and number of diffractions used in structure refinement
$R = 0.104$, No. of $|Fo| = 2341$
(from Weissenberg photographs).

Mean T-O distances
$\langle T1o\text{-O}\rangle = 1.7408(24)$, $\langle T1m\text{-O}\rangle = 1.6140(24)$,
$\langle T2o\text{-O}\rangle = 1.6105(24)$, $\langle T2m\text{-O}\rangle = 1.6115(24)$ Å.

Al contents from T-O distances
t1o = 1.022(20), t1m = 0.000(20),
t2o = −0.029(20), t2m = −0.021(20), tot = 0.972(42),
t1o + t1m = 1.022(28), t1o − t1m = 1.022(28).

Pellotsalo low microcline (Blasi *et al.*, 1987a)

Specimen
No. SM4709 in the Helsinki collection, supplied by S.W. Bailey.

Occurrence
Blasi *et al.* (1987a) described the specimen as being from a granitic pegmatite body at Sortavalan Pit, island of Pellotsalo, near the northern coast of Lake Ladoga, westernmost Russia.

Crystal dimensions
0.04 × 0.14 × 0.18 mm.

Lattice constants
$a = 8.5714(3)$, $b = 12.9646(4)$, $c = 7.2217(2)$ Å,
$\alpha = 90.636(3)$, $\beta = 115.949(2)$, $\gamma = 87.679(3)°$,
$V = 720.99(3)$ Å^3,
$a^* = 0.129850(4)$, $b^* = 0.077199(2)$, $c^* = 0.154001(4)$ Å^{-1},
$\alpha^* = 90.423(3)$, $\beta^* = 64.055(2)$, $\gamma^* = 92.272(3)°$,
$V^* = 0.00138698$ Å^{-3}.

Structural indicators
$\Delta(bc) = 0.996$, $\Delta(b^*c^*) = 0.996$,
$\Delta(\alpha\gamma) = 0.995$, $\Delta(\alpha^*\gamma^*) = 0.995$.

Compositions from V and a
N_{Or} from V: 0.956 (eq. 3), 0.958 (eq. 8),
N_{Or} from a: 0.951 (eq. 9).

Discrepancy factors and number of diffractions used in structure refinement
$R = 0.027$, $wR = 0.030$, No. of $|Fo| = 1232$.

Mean T-O distances
$\langle T1o\text{-O}\rangle = 1.7378(15)$, $\langle T1m\text{-O}\rangle = 1.6128(11)$,
$\langle T2o\text{-O}\rangle = 1.6140(14)$, $\langle T2m\text{-O}\rangle = 1.6137(14)$ Å.

Al contents from T-O distances
t1o = 0.998(12), t1m = −0.010(9),
t2o = 0.000(11), t2m = −0.002(11), tot = 0.986(22)
t1o + t1m = 0.988(15), t1o − t1m = 1.008(15).

Prilep low microcline (Strob, 1983)

Specimen
A crystal fragment from an amazonite.

Occurrence
From a granitic pegmatite, sampled in a quarry called Čanište II, near Prilep, Macedonia.

Crystal dimensions
0.170 × 0.110 × 0.125 mm.

Lattice constants
$a = 8.5756(8)$, $b = 12.9635(6)$, $c = 7.2211(5)$ Å,
$\alpha = 90.678(5)$, $\beta = 115.940(4)$, $\gamma = 87.646(5)°$,
$V = 721.27(13)$ Å^3,
$a^* = 0.129778$, $b^* = 0.077207$, $c^* = 0.154002$ Å^{-1},
$\alpha^* = 90.391$, $\beta^* = 64.065$, $\gamma^* = 92.288°$,
$V^* = 0.00138645$ Å^{-3}.

Structural indicators
$\Delta(bc) = 0.995$, $\Delta(b^*c^*) = 1.000$,
$\Delta(\alpha\gamma) = 1.009$, $\Delta(\alpha^*\gamma^*) = 1.010$.

Compositions from V and a
N_{Or} from V: 0.964 (eq. 3), 0.965 (eq. 8),
N_{Or} from a: 0.962 (eq. 9).

Table A1. Continued

Discrepancy factors and number of diffractions used in structure refinement
$R = 0.0240$, $wR = 0.0265$, No. of $|Fo| = 3600$.

Mean T-O distances
$\langle T1o\text{-O}\rangle = 1.7385(4)$, $\langle T1m\text{-O}\rangle = 1.6134(4)$,
$\langle T2o\text{-O}\rangle = 1.6143(4)$, $\langle T2m\text{-O}\rangle = 1.6151(4)$ Å.

Al contents from T-O distances
t1o = 1.004(3), t1m = –0.005(3),
t2o = 0.003(3), t2m = 0.009(3), tot = 1.011(6)
t1o + t1m = 1.000(4), t1o – t1m = 1.009(4).

Pikes Peak low microcline (Blasi *et al.*, 1984b)

Specimen
Two crystal fragments, 7813A and 7813B, from a white to colorless microcline overgrowth (specimen 7813) on deep blue-green amazonite (specimen 7816).

Occurrence
From the "Ray Ziegler" pocket in a pegmatite of Crystal Peak, Pikes Peak batholith, Colorado, U.S.A.

Crystal dimensions
7813A: 0.32 × 0.08 × 0.03 mm;
7813B: 0.23 × 0.06 × 0.05 mm.

Lattice constants
7813:
$a = 8.5759(12)$, $b = 12.9663(14)$, $c = 7.2220(8)$ Å,
$\alpha = 90.653(12)$, $\beta = 115.934(8)$, $\gamma = 87.654(10)°$,
$V = 721.58(10)$ Å^3,
$a^* = 0.129767(20)$, $b^* = 0.077190(8)$, $c^* = 0.153975(15)$ Å^{-1},
$\alpha^* = 90.415(12)$, $\beta^* = 64.070(9)$, $\gamma^* = 92.291(11)°$,
$V = 0.00138586$ Å^{-3}
(from X-ray powder diffractometer data; adopted to calculate interatomic distances and angles for fragments 7813A and 7813B);
7813A:
$a = 8.5732(4)$, $b = 12.9668(4)$, $c = 7.2227(3)$ Å,
$\alpha = 90.658(3)$, $\beta = 115.917(3)$, $\gamma = 87.626(3)°$,
$V = 721.54(3)$ Å^3,
$a^* = 0.129792(6)$, $b^* = 0.077188(2)$, $c^* = 0.153937(5)$ Å^{-1},
$\alpha^* = 90.422(3)$, $\beta^* = 64.088(3)$, $\gamma^* = 92.320(3)°$,
$V = 0.00138594$ Å^{-3};
7813B:
$a = 8.5724(7)$, $b = 12.9642(8)$, $c = 7.2231(6)$ Å,
$\alpha = 90.647(6)$, $\beta = 115.946(6)$, $\gamma = 87.641(6)°$,
$V = 721.19(6)$ Å^3,
$a^* = 0.129834(11)$, $b^* = 0.077203(5)$, $c^* = 0.153968(9)$ Å^{-1},
$\alpha^* = 90.429(6)$, $\beta^* = 64.058(6)$, $\gamma^* = 92.309(6)°$,
$V = 0.00138659$ Å^{-3}.

Structural indicators
7813:
$\Delta(bc) = 0.995$, $\Delta(b^*c^*) = 0.998$,
$\Delta(\alpha\gamma) = 1.006$, $\Delta(\alpha^*\gamma^*) = 1.006$;
7813A:
$\Delta(bc) = 0.998$, $\Delta(b^*c^*) = 1.007$,
$\Delta(\alpha\gamma) = 1.018$, $\Delta(\alpha^*\gamma^*) = 1.018$;
7813B:
$\Delta(bc) = 1.007$, $\Delta(b^*c^*) = 1.007$,
$\Delta(\alpha\gamma) = 1.012$, $\Delta(\alpha^*\gamma^*) = 1.012$.

Compositions from V and a
7813:
N_{Or} from V: 0.973 (eq. 3), 0.974 (eq. 8),
N_{Or} from a: 0.963 (eq. 9);
7813A:
N_{Or} from V: 0.971 (eq. 3), 0.973 (eq. 8),
N_{Or} from a: 0.956 (eq. 9);
7813B:
N_{Or} from V: 0.962 (eq. 3), 0.963 (eq. 8),
N_{Or} from a: 0.953 (eq. 9).

Discrepancy factors and number of diffractions used in structure refinement
7813A: $R = 0.033$, $wR = 0.033$, No. of $|Fo| = 1236$;
7813B: $R = 0.031$, $wR = 0.034$, No. of $|Fo| = 1201$.

Mean T-O distances
7813A: $\langle T1o\text{-O}\rangle = 1.7372(15)$, $\langle T1m\text{-O}\rangle = 1.6152(15)$,
$\langle T2o\text{-O}\rangle = 1.6120(15)$, $\langle T2m\text{-O}\rangle = 1.6142(15)$ Å;
7813B: $\langle T1o\text{-O}\rangle = 1.7385(15)$, $\langle T1m\text{-O}\rangle = 1.6120(14)$,
$\langle T2o\text{-O}\rangle = 1.6152(15)$, $\langle T2m\text{-O}\rangle = 1.6135(15)$ Å.

Al contents from T-O distances
7813A: t1o = 0.994(12), t1m = 0.010(12),
t2o = –0.016(12), t2m = 0.002(12), tot = 0.990(24),
t1o + t1m = 1.004(17), t1o – t1m = 0.984(17);
7813B: t1o = 1.004(12), t1m = –0.016(11),
t2o = 0.010(12), t2m = –0.004(12), tot = 0.994(24),
t1o + t1m = 0.988(17), t1o – t1m = 1.020(17).

Pikes Peak low microcline (Blasi & De Pol Blasi, 1994)

Specimen
A third fragment, 7813C, from a white to colorless microcline overgrowth (specimen 7813) on deep blue-green amazonite (specimen 7816).

Occurrence
See the occurrence in the preceding section.

Crystal dimensions
0.14 × 0.06 × 0.02 mm.

Lattice constants
$a = 8.5733(1)$, $b = 12.9627(3)$, $c = 7.2227(1)$ Å,
$\alpha = 90.675(2)$, $\beta = 115.934(1)$, $\gamma = 87.601(1)°$,
$V = 721.20(2)$ Å^3,
$a^* = 0.129811(2)$, $b^* = 0.077214(2)$, $c^* = 0.153960(3)$ Å^{-1},
$\alpha^* = 90.416(2)$, $\beta^* = 64.071(1)$, $\gamma^* = 92.340(1)°$,
$V = 0.00138658$ Å^{-3}.

Structural indicators
$\Delta(bc) = 1.008$, $\Delta(b^*c^*) = 1.014$,
$\Delta(\alpha\gamma) = 1.029$, $\Delta(\alpha^*\gamma^*) = 1.029$.

Compositions from V and a
N_{Or} from V: 0.962 (eq. 3), 0.964 (eq. 8),
N_{Or} from a: 0.956 (eq. 9).

Discrepancy factors and number of diffractions used in structure refinement
Refinement (a), $2\theta(\text{Mo}K\alpha)$ range = 3 - 60°:
$R = 0.016$, $wR = 0.018$, No. of $|Fo| = 1788$;
refinement (b), $2\theta(\text{Mo}K\alpha)$ range = 3 - 100°:
$R = 0.019$, $wR = 0.020$, No. of $|Fo| = 4948$.

Mean T-O distances
Refinement (a):
$\langle T1o\text{-O}\rangle = 1.7388(4)$, $\langle T1m\text{-O}\rangle = 1.6122(4)$,
$\langle T2o\text{-O}\rangle = 1.6141(4)$, $\langle T2m\text{-O}\rangle = 1.6159(4)$ Å;
refinement (b):
$\langle T1o\text{-O}\rangle = 1.7391(2)$, $\langle T1m\text{-O}\rangle = 1.6129(3)$,
$\langle T2o\text{-O}\rangle = 1.6142(3)$, $\langle T2m\text{-O}\rangle = 1.6158(3)$ Å.

Al contents from T-O distances
Refinement (a):
t1o = 1.007(3), t1m = –0.014(4),
t2o = 0.000(3), t2m = 0.015(3), tot = 1.008(7),

Table A1. Continued

t1o + t1m = 0.992(5), t1o – t1m = 1.021(5);
refinement (b):
t1o = 1.009(2), t1m = –0.009(2),
t2o = 0.002(2), t2m = 0.014(2), tot = 1.016(4),
t1o + t1m = 1.000(3), t1o – t1m = 1.017(3).

Khibiny low microcline (Borutskiy *et al.*, 1985)

Specimen
Crystal fragment No. 1667.

Occurrence
From a pegmatite in the pyroxene rischorrites of the "Eudialyte Ridge" on Mt. Kukisvumchorr, Khibiny massif, Kola Peninsula, Russia.

Crystal dimensions
Spherical crystal, diameter 0.5 mm.

Lattice constants
a = 8.590(3), b = 12.962(5), c = 7.220(3) Å,
α = 90.50(3), β = 115.95(3), γ = 87.83(2)°,
V = 722.3(5) $Å^3$,
a^* = 0.12956, b^* = 0.07721, c^* = 0.15404 $Å^{-1}$,
α^* = 90.50, β^* = 64.05, γ^* = 92.17°,
V = 0.0013845 $Å^{-3}$
(α^* corrected from original data).

Structural indicators
$\Delta(bc)$ = 0.991, $\Delta(b^*c^*)$ = 0.991,
$\Delta(\alpha\gamma)$ = 0.930, $\Delta(\alpha^*\gamma^*)$ = 0.930.

Compositions from V and a
N_{Or} from V: 0.994 (eq. 3), 0.996 (eq. 8),
N_{Or} from a: 1.001 (eq. 9).

Discrepancy factor and total number of diffractions measured
R = 0.036, No. of $|Fo|$ = 3371.

Mean T-O distances
⟨$T1o$-O⟩ = 1.7340(11), ⟨$T1m$-O⟩ = 1.6155(10),
⟨$T2o$-O⟩ = 1.6133(10), ⟨$T2m$-O⟩ = 1.6150(10) Å.

Al contents from T-O distances
t1o = 0.968(9), t1m = 0.012(8),
t2o = –0.006(8), t2m = 0.008(8), tot = 0.982(17),
t1o + t1m = 0.980(12), t1o – t1m = 0.956(12).

Spencer U intermediate microcline (Bailey, 1969; also Bailey & Taylor, 1955)

Specimen
Several crystal fragments from specimen U in the suite of alkali feldspars described by Spencer (1937). Later, the specimen was designated as Spencer U.

Occurrence
From the mica-bearing pegmatite of Kodarma, Bihar, India.

Crystal dimensions
Cube No. 1: 0.17 × 0.17 × 0.17 mm;
cube No. 4: 0.12 × 0.12 × 0.10 mm
(combined data from the two feldspar cubes were used in structure refinement).

Lattice constants
a = 8.5784, b = 12.9600, c = 7.2112 Å,
α = 90.300, β = 116.033, γ = 89.125°,
V = 720.29 $Å^3$,
a^* = 0.129748, b^* = 0.077170, c^* = 0.154332 $Å^{-1}$,
α^* = 90.093, β^* = 63.968, γ^* = 90.827°,
V = 0.00138834 $Å^{-3}$
(from Bailey & Taylor, 1955, subsequently modified by Bailey, 1969: weighted average of data from six feldspar cubes; V not given in original data);
a = 8.578(4), b = 12.957(3), c = 7.213(1) Å,
α = 90.25(2), β = 116.03(2), γ = 89.23(3)°,
V = 720.3(3) $Å^3$,
a^* = 0.12975, b^* = 0.07719, c^* = 0.15429 $Å^{-1}$,
α^* = 90.10, β^* = 63.97, γ^* = 90.74°,
V = 0.0013883 $Å^{-3}$
(from Wright & Stewart, 1968: X-ray powder diffractometer data; see also Stewart & Wright, 1974).

Structural indicators
$\Delta(bc)$ = 0.935, $\Delta(b^*c^*)$ = 0.902,
$\Delta(\alpha\gamma)$ = 0.376, $\Delta(\alpha^*\gamma^*)$ = 0.376
(from Bailey's, 1969, set of lattice constants);
$\Delta(bc)$ = 0.954, $\Delta(b^*c^*)$ = 0.921,
$\Delta(\alpha\gamma)$ = 0.333, $\Delta(\alpha^*\gamma^*)$ = 0.333
(from Wright & Stewart's, 1968, set of lattice constants).

Compositions from V and a
N_{Or} from V: 0.936 (eq. 3), 0.937 (eq. 8),
N_{Or} from a: 0.970 (eq. 9)
(from Bailey's, 1969, set of lattice constants);
N_{Or} from V: 0.937 (eq. 3), 0.938 (eq. 8),
N_{Or} from a: 0.969 (eq. 9)
(from Wright & Stewart's, 1968, set of lattice constants).

Discrepancy factor and number of diffractions used in structure refinement
R = 0.080, No. of $|Fo|$ = 2124
(intensity data by Bailey & Taylor, 1955, from Weissenberg photographs obtained from feldspar cubes No. 1 and No. 4; structure refinement by Bailey, 1969).

Mean T-O distances
⟨$T1o$-O⟩ = 1.6942(25), ⟨$T1m$-O⟩ = 1.6425(25),
⟨$T2o$-O⟩ = 1.6185(25), ⟨$T2m$-O⟩ = 1.6160(25) Å.

Al contents from T-O distances
t1o = 0.655(18), t1m = 0.247(19),
t2o = 0.039(21), t2m = 0.017(21), tot = 0.959(25),
t1o + t1m = 0.903(21), t1o – t1m = 0.408(30).

Adamello P17C high microcline (Dal Negro *et al.*, 1978, 1980; De Pieri, 1979)

Specimen
Crystal fragment P17C from specimen P17.

Occurrence
From a tourmaline-muscovite-bearing pegmatite dyke, on the trail between the upper Malga Fazzon and Malga Artuic, Adamello massif, Northern Italy (see Callegari *et al.*, 1974).

Crystal dimensions
Not given.

Lattice constants
a = 8.568, b = 12.980, c = 7.201 Å,
α = 90.07, β = 116.03, γ = 89.75°,
V = 719.6 $Å^3$,
a^* = 0.12989, b^* = 0.07704, c^* = 0.15455 $Å^{-1}$,
α^* = 90.04, β^* = 63.97, γ^* = 90.24°,
V = 0.0013897 $Å^{-3}$
(from De Pieri, 1979: the precision is about 3 parts in 10,000 for cell edges and 0.03° for cell angles; V not given in the original data. See also Dal Negro *et al.*, 1980).

Structural indicators
$\Delta(bc)$ = 0.816, $\Delta(b^*c^*)$ = 0.789,
$\Delta(\alpha\gamma)$ = 0.107, $\Delta(\alpha^*\gamma^*)$ = 0.107.

Table A1. Continued

Compositions from V and a
N_{Or} from *V*: 0.917 (eq. 3), 0.918 (eq. 8), N_{Or} from *a*: 0.942 (eq. 9).

Discrepancy factor and number of diffractions used in structure refinement
$R = 0.032$, No. of $|Fo| = 1738$.

Mean T-O distances
$\langle T1o\text{-O}\rangle = 1.6690(10)$, $\langle T1m\text{-O}\rangle = 1.6538(10)$,
$\langle T2o\text{-O}\rangle = 1.6230(10)$, $\langle T2m\text{-O}\rangle = 1.6217(10)$ Å.

Al contents from T-O distances
t1o = 0.462(7), t1m = 0.343(7),
t2o = 0.081(8), t2m = 0.070(8), tot = 0.955(8),
t1o + t1m = 0.804(8), t1o − t1m = 0.119(11).

Himalaya "ordered orthoclase" (Prince *et al.*, 1973)

Specimen
A cleavage fragment from a gem-quality overgrowth, up to 1 cm thick, on orthoclase perthites.

Occurrence
From a granitic pegmatite at the Himalaya tourmaline mine in the Mesa Grande pegmatite district, San Diego County, California, U.S.A.

Crystal dimensions
19 mm^3 (weight 48.356 mg and density 2.563 g/cm^3).

Lattice constants
$a = 8.5632(11)$, $b = 12.9633(14)$, $c = 7.2099(11)$ Å,
$\beta = 116.073(9)°$, $V = 718.90(11)$ Å^3,
$a^* = 0.130009$, $b^* = 0.077141$, $c^* = 0.154412$ Å^{-1},
$\beta^* = 63.927°$, $V = 0.00139101$ Å^{-3}
(from Guinier-Hägg X-ray powder data; *b* corrected from original data, see Horsky & Martin, 1977, Table 2).

Structural indicators
$\Delta(bc) = 0.918$, $\Delta(b^*c^*) = 0.869$.

Compositions from V and a
N_{Or} from *V*: 0.891 (eq. 2), 0.883 (eq. 6),
N_{Or} from *a*: 0.894 (eq. 7).

Discrepancy factors and number of diffractions used in neutron structure refinement
$R = 0.031$, $wR = 0.03494$, No. of $|Fo| = 721$.

Mean T-O distances
$\langle T1\text{-O}\rangle = 1.6675(9)$, $\langle T2\text{-O}\rangle = 1.6163(8)$ Å.

Al contents from Si,Al site refinement of neutron data
t1 = 0.516(29), t2 = −0.016(29).

Al contents from T-O distances
t1 = 0.450(6), t2 = 0.020(7), tot = 0.940(9),
2t1 = 0.900(7).

Khibiny adularia (Borutskiy *et al.*, 1985)

Specimen
Crystal fragment No. 1481/E.

Occurrence
From a pegmatite in massive urtites from the Material'naya shaft in the Yakspor apatite deposit, Khibiny massif, Kola Peninsula.

Crystal dimensions
Spherical crystal, diameter 0.4 mm.

Lattice constants
$a = 8.564(2)$, $b = 12.996(2)$, $c = 7.201(1)$ Å,
$\alpha = 90.00(2)$, $\beta = 116.02(2)$, $\gamma = 90.00(2)°$,
$V = 720.3(3)$ Å^3,
$a^* = 0.12994$, $b^* = 0.07695$, $c^* = 0.15453$ Å^{-1},
$\alpha^* = 90.00$, $\beta^* = 63.98$, $\gamma^* = 90.00°$,
$V = 0.0013885$ Å^{-3}.

Structural indicators
$\Delta(bc) = 0.777$, $\Delta(b^*c^*) = 0.745$.

Compositions from V and a
N_{Or} from *V*: 0.926 (eq. 2), 0.914 (eq. 6),
N_{Or} from *a*: 0.895 (eq. 7).

Discrepancy factor and total number of diffractions measured
$R = 0.033$, No. of $|Fo| = 3408$.

Mean T-O distances
$\langle T1o\text{-O}\rangle = 1.6605(10)$, $\langle T1m\text{-O}\rangle = 1.6628(10)$,
$\langle T2o\text{-O}\rangle = 1.6267(8)$, $\langle T2m\text{-O}\rangle = 1.6250(9)$ Å.

Al contents from T-O distances
t1o = 0.383(7), t1m = 0.401(7),
t2o = 0.107(6), t2m = 0.092(7), tot = 0.984(6),
t1o + t1m = 0.784(8), t1o − t1m = −0.018(11).

Spencer C orthoclase (Colville & Ribbe, 1968; also Jones & Taylor, 1961a, 1961b)

Specimen
Three crystal fragments from specimen C in the suite of alkali feldspars described by Spencer (1930, 1937). Later, the specimen was designated Spencer C.

Occurrence
From the pegmatitic gem-washing residues at the Mogok Ruby mines, Northern Burma.

Crystal dimensions
First crystal: very nearly cubic in shape, with edge 0.4 mm;
second crystal: 0.14 × 0.14 × 0.42 mm;
third crystal: 0.32 × 0.26 × 0.35 mm
(combined data from the three feldspar fragments were used in structure refinement).

Lattice constants
$a = 8.5616(2)$, $b = 12.9962(4)$, $c = 7.1934(2)$ Å,
$\beta = 116.015(5)°$, $V = 719.294$ Å^3,
$a^* = 0.129969$, $b^* = 0.076946$, $c^* = 0.154690$ Å^{-1},
$\beta^* = 63.985°$, $V = 0.00139024$ Å^{-3}
(from Cole *et al.*, 1949: Weissenberg data);
$a = 8.561(2)$, $b = 12.996(4)$, $c = 7.192(2)$ Å,
$\beta = 116.01(10)°$, $V = 719.1$ Å^3,
$a^* = 0.12997$, $b^* = 0.07695$, $c^* = 0.15471$ Å^{-1},
$\beta^* = 63.99°$, $V = 0.0013906$ Å^{-3}
(from D.B. Stewart in Colville & Ribbe, 1968: X-ray powder diffractometer data; *V* corrected from original data);
$a = 8.5607(11)$, $b = 12.9924(15)$, $c = 7.1921(7)$ Å,
$\beta = 116.018(10)°$, $V = 718.86(11)$ Å^3,
$a^* = 0.129986$, $b^* = 0.076968$, $c^* = 0.154721$ Å^{-1},
$\beta^* = 63.982°$, $V = 0.00139108$ Å^{-3}
(from Wright & Stewart, 1968: X-ray powder diffractometer data; see also Stewart & Wright, 1974).

Structural indicators
$\Delta(bc) = 0.725$, $\Delta(b^*c^*) = 0.707$
(from Cole *et al.*'s, 1949, set of lattice constants);
$\Delta(bc) = 0.716$, $\Delta(b^*c^*) = 0.702$
(from D.B. Stewart's set of lattice constants: in Colville & Ribbe, 1968);
$\Delta(bc) = 0.726$, $\Delta(b^*c^*) = 0.710$
(from Wright & Stewart's, 1968, set of lattice constants).

Table A1. Continued

Compositions from V and a
N_{Or} from *V*: 0.901 (eq. 2), 0.892 (eq. 6),
N_{Or} from *a*: 0.890 (eq. 7)
(from Cole *et al.*'s, 1949, set of lattice constants);
N_{Or} from *V*: 0.896 (eq. 2), 0.888 (eq. 6),
N_{Or} from *a*: 0.889 (eq. 7)
(from D.B. Stewart's set of lattice constants: in Colville & Ribbe, 1968);
N_{Or} from *V*: 0.890 (eq. 2), 0.882 (eq. 6),
N_{Or} from *a*: 0.888 (eq. 7)
(from Wright & Stewart's, 1968, set of lattice constants).

Discrepancy factor and number of diffractions used in structure refinement
$R = 0.054$, No. of $|Fo| = 465$
(intensity data by Jones & Taylor, 1961a, 1961b from Weissenberg photographs; structure refinement by Colville & Ribbe, 1968).

Mean T-O distances
$\langle T1\text{-O}\rangle = 1.6555(28)$, $\langle T2\text{-O}\rangle = 1.6283(26)$ Å.

Al contents from T-O distances
t1 = 0.356(19), t2 = 0.128(21), tot = 0.968(15),
2t1 = 0.713(21).

Itrongay orthoclase (Kimata *et al.*, 1996)

Specimen
A crystal fragment from a yellow, ferriferous orthoclase of gem quality studied at 296 K (see also the data collected at 121 K, Table A1-c).

Occurrence
From a miarolitic pegmatite at Itrongay, near Fianarantsoa, Madagascar (see Coombs, 1954).

Crystal dimensions
0.10 × 0.12 × 0.15 mm.

Lattice constants
$a = 8.600(1)$, $b = 13.005(1)$, $c = 7.193(1)$ Å,
$\beta = 116.03(1)°$, $V = 722.9(1)$ Å^3,
$a^* = 0.12941$, $b^* = 0.07689$, $c^* = 0.15472$ Å^{-1},
$\beta^* = 63.97°$, $V = 0.0013834$ Å^{-3}.

Structural indicators
$\Delta(bc) = 0.670$, $\Delta(b^*c^*) = 0.674$.

Compositions from V and a
N_{Or} from *V*: 1.000 (eq. 2), 0.978 (eq. 6),
N_{Or} from *a*: 0.977 (eq. 7).

Discrepancy factors and number of diffractions used in structure refinement
$R = 0.028$, $wR = 0.028$, No. of $|Fo| = 910$.

Mean T-O distances
$\langle T1\text{-O}\rangle = 1.6553(9)$, $\langle T2\text{-O}\rangle = 1.6285(9)$ Å.

Al contents from T-O distances
t1 = 0.354(6), t2 = 0.130(7), tot = 0.969(5),
2t1 = 0.709(7).

Itrongay orthoclase (Nyfeler *et al.*, 1998)

Specimen
A fragment from a crystal chip having a surface of 2-5 mm^2 which was transparent and homogeneous when inspected with the optical microscope, and was obtained from a large (several cm) yellowish K-feldspar crystal of gem quality from Itrongay, Madagascar.

Occurrence
See the preceding section on the Itrongay orthoclase studied by Kimata *et al.* (1996).

Crystal dimensions
Not given.

Lattice constants
$a = 8.5820(6)$, $b = 13.003(2)$, $c = 7.1924(7)$ Å,
$\beta = 116.022(7)°$, $V = 721.3(1)$ Å^3,
$a^* = 0.129668$, $b^* = 0.076905$, $c^* = 0.154720$ Å^{-1},
$\beta^* = 63.978°$, $V = 0.00138649$ Å^{-3}.

Structural indicators
$\Delta(bc) = 0.701$, $\Delta(b^*c^*) = 0.680$.

Compositions from V and a
N_{Or} from *V*: 0.954 (eq. 2), 0.938 (eq. 6),
N_{Or} from *a*: 0.936 (eq. 7).

Discrepancy factors and total number of unique diffractions
$R1 = 0.024$, $wR2(F^2) = 0.0679$, No. of $|Fo| = 784$
(for definition of the discrepancy factors see Sheldrick, 1993).

Mean T-O distances
$\langle T1\text{-O}\rangle = 1.6552(7)$, $\langle T2\text{-O}\rangle = 1.6289(8)$ Å.

Al contents from T-O distances
t1 = 0.353(5), t2 = 0.133(7), tot = 0.971(4),
2t1 = 0.706(6).

Rabb Canyon sanidine (Keefer & Brown, 1978)

Specimen
A crystal fragment consisting of an untwinned sanidine intergrown with a Pericline-twinned high albite in a criptoperthite.

Occurrence
From the Rabb Canyon pegmatite, Grant County, New Mexico, U.S.A. The pegmatite occurs in porphyry that is the vent facies of a rhyolite dome, and the cryptoperthite occurs in a matrix of coarsely crystalline quartz as clear, colorless single crystals about 1 cm in diameter.

Crystal dimensions
0.34 × 0.20 × 0.14 mm.

Lattice constants
$a = 8.558(1)$, $b = 12.997(1)$, $c = 7.179(1)$ Å,
$\beta = 116.07(1)°$, $V = 717.2$ Å^3,
$a^* = 0.13009$, $b^* = 0.07694$, $c^* = 0.15507$ Å^{-1},
$\beta^* = 63.93°$, $V = 0.0013942$ Å^{-3}.

Structural indicators
$\Delta(bc) = 0.627$, $\Delta(b^*c^*) = 0.613$.

Compositions from V and a
N_{Or} from *V*: 0.842 (eq. 1), 0.820 (eq. 4),
N_{Or} from *a*: 0.867 (eq. 5).

Discrepancy factors and number of diffractions used in structure refinement
$R = 0.029$, $wR = 0.039$, No. of $|Fo| = 924$.

Mean T-O distances
$\langle T1\text{-O}\rangle = 1.6510(7)$, $\langle T2\text{-O}\rangle = 1.6378(7)$ Å.

Composition from K,Na site refinement of X-ray data
$N_{Or} = 0.65(2)$.

Al contents from T-O distances
t1 = 0.303(5), t2 = 0.195(5), tot = 0.997(2),
2t1 = 0.606(5).

Table A1. Continued

Buck Claim adularia (Ferguson *et al.*, 1991)

Specimen
Four crystals of adularia, Buck-18-I, Buck-18-II, Buck-18-III, and Buck-18-IV, from specimen Buck-18.

Occurrence
From the quartz core of an Archean granitic pegmatite at the Buck Claim, Bernic Lake, southeastern Manitoba, Canada.

Crystal dimensions
Buck-18-I: 0.24 × 0.18 × 0.16 mm;
Buck-18-II: 0.28 × 0.16 × 0.14 mm;
Buck-18-III: 0.22 × 0.16 × 0.14 mm;
Buck-18-IV: 0.18 × 0.14 × 0.12 mm.

Lattice constants
Buck-18-I:
a = 8.603(2), b = 13.036(4), c = 7.174(2) Å,
β = 116.03(2)°, V = 722.9(3) Å^3,
a^* = 0.12936, b^* = 0.07671, c^* = 0.15513 Å^{-1},
β^* = 63.97°, V = 0.0013832 Å^{-3};
Buck-18-II:
a = 8.608(3), b = 13.041(5), c = 7.180(1) Å,
β = 115.98(2)°, V = 724.5(4) Å^3,
a^* = 0.12923, b^* = 0.07668, c^* = 0.15493 Å^{-1},
β^* = 64.02°, V = 0.0013802 Å^{-3};
Buck-18-III:
a = 8.611(2), b = 13.046(5), c = 7.175(3) Å,
β = 116.01(2)°, V = 724.4(4) Å^3,
a^* = 0.12922, b^* = 0.07665, c^* = 0.15508 Å^{-1},
β^* = 63.99°, V = 0.0013805 Å^{-3};
Buck-18-IV:
a = 8.606(2), b = 13.017(4), c = 7.185(2) Å,
β = 115.97(2)°, V = 723.6(3) Å^3,
a^* = 0.12925, b^* = 0.07682, c^* = 0.15481 Å^{-1},
β^* = 64.03°, V = 0.0013819 Å^{-3}.

Structural indicators
Buck-18-I: $\Delta(bc)$ = 0.492, $\Delta(b^*c^*)$ = 0.486;
Buck-18-II: $\Delta(bc)$ = 0.518, $\Delta(b^*c^*)$ = 0.518;
Buck-18-III: $\Delta(bc)$ = 0.472, $\Delta(b^*c^*)$ = 0.469;
Buck-18-IV: $\Delta(bc)$ = 0.615, $\Delta(b^*c^*)$ = 0.617.

Compositions from V and a
Buck-18-I: N_{Or} from V: 0.992 (eq. 1), 0.962 (eq. 4), N_{Or} from a: 0.980 (eq. 5);
Buck-18-II: N_{Or} from V: 1.037 (eq. 1), 1.005 (eq. 4), N_{Or} from a: 0.993 (eq. 5);
Buck-18-III: N_{Or} from V: 1.033 (eq. 1), 1.001 (eq. 4), N_{Or} from a: 1.001 (eq. 5);
Buck-18-IV: N_{Or} from V: 1.011 (eq. 1), 0.980 (eq. 4), N_{Or} from a: 0.988 (eq. 5).

Discrepancy factors and number of diffractions used in structure refinement
Buck-18-I: R = 0.058, wR = 0.061, No. of $|Fo|$ = 1799;
Buck-18-II: R = 0.042, wR = 0.044, No. of $|Fo|$ = 978;
Buck-18-III: R = 0.058, wR = 0.061, No. of $|Fo|$ = 2201;
Buck-18-IV: R = 0.056, wR = 0.059, No. of $|Fo|$ = 1724.

Mean T-O distances
Buck-18-I: $\langle T1\text{-O}\rangle$ = 1.6400(12), $\langle T2\text{-O}\rangle$ = 1.6423(14) Å;
Buck-18-II: $\langle T1\text{-O}\rangle$ = 1.6443(13), $\langle T2\text{-O}\rangle$ = 1.6400(14) Å;
Buck-18-III: $\langle T1\text{-O}\rangle$ = 1.6460(11), $\langle T2\text{-O}\rangle$ = 1.6390(11) Å;
Buck-18-IV: $\langle T1\text{-O}\rangle$ = 1.6493(12), $\langle T2\text{-O}\rangle$ = 1.6348(14) Å.

Al contents from T-O distances
Buck-18-I: t1 = 0.240(10), t2 = 0.259(9), tot = 0.997(2), 2t1 = 0.479(12);
Buck-18-II: t1 = 0.267(9), t2 = 0.231(10), tot = 0.995(2), 2t1 = 0.533(10);
Buck-18-III: t1 = 0.277(7), t2 = 0.219(8), tot = 0.994(2), 2t1 = 0.555(8);
Buck-18-IV: t1 = 0.307(8), t2 = 0.185(11), tot = 0.984(4), 2t1 = 0.613(10).

.... (b) room-temperature crystal structures of pre-heated K-rich feldspars ....

Itrongay high sanidine (Nyfeler *et al.*, 1998)

Specimen
Another fragment from the same crystal chip as that described in the section on the Itrongay orthoclase studied by Nyfeler *et al.* (1998) (see Table 1-a), after heating to 900 °C for 672 hours.

Occurrence and *Crystal dimensions*
See the section on the Itrongay orthoclase studied by Nyfeler *et al.* (1998) in Table 1-a.

Lattice constants
a = 8.568(2), b = 13.030(2), c = 7.1745(9) Å,
β = 115.99(1)°, V = 720.0(2) Å^3,
a^* = 0.129844, b^* = 0.076746, c^* = 0.155064 Å^{-1},
β^* = 64.010°, V = 0.00138895 Å^{-3}.

Structural indicators
$\Delta(bc)$ = 0.511, $\Delta(b^*c^*)$ = 0.519.

Compositions from V and a
N_{Or} from V: 0.911 (eq. 1), 0.886 (eq. 4),
N_{Or} from a: 0.892 (eq. 5).

Discrepancy factors and total number of unique diffractions
$R1$ = 0.0253, $wR2(F^2)$ = 0.0717, No. of $|Fo|$ = 789
(for definition of the discrepancy factors see Sheldrick, 1993).

Mean T-O distances
$\langle T1\text{-O}\rangle$ = 1.6442(7), $\langle T2\text{-O}\rangle$ = 1.6384(8) Å.

Al contents from T-O distances
t1 = 0.272(5), t2 = 0.224(7), tot = 0.992(2),
2t1 = 0.545(6).

Spencer C high sanidine (Ribbe, 1963; also Cole *et al.*, 1949)

Specimen
Spencer's (1937) specimen C heated to 1075 °C for 300 hr.

Occurrence
See the section on the Spencer C orthoclase in Table A1-a.

Crystal dimensions
Equi-dimensional crystal fragment approximately 0.2 mm on edge.

Lattice constants
a = 8.5642(2), b = 13.0300(4), c = 7.1749(2) Å,
β = 115.994(5)°, V = 719.654 Å^3,
a^* = 0.129907, b^* = 0.076746, c^* = 0.155061 Å^{-1},
β^* = 64.006°, V = 0.00138954 Å^{-3}
(from Cole *et al.*, 1949).

Structural indicators
$\Delta(bc)$ = 0.514, $\Delta(b^*c^*)$ = 0.520.

Table A1. Continued

Compositions from V and a
N_{Or} from V: 0.903 (eq. 1), 0.878 (eq. 4),
N_{Or} from a: 0.882 (eq. 5).

Discrepancy factor and number of diffractions used in structure refinement
R = 0.099, No. of $|Fo|$ = 737
(intensity data by Cole *et al.*, 1949, from Weissenberg photographs; structure refinement by Ribbe, 1963).

Mean T-O distances
$\langle T1\text{-O}\rangle$ = 1.6445, $\langle T2\text{-O}\rangle$ = 1.6398 Å.

Al contents from T-O distances
t1 = 0.269, t2 = 0.229, tot = 0.995,
2t1 = 0.537.

Bedford high sanidine (Blasi *et al.*, 1987a)

Specimen
A cleavage fragment of a perthitic coarsely cross-hatched low microcline subjected to dry annealing at 1050 °C for 200 days.

Occurrence
Bedford County pegmatite district, Virginia, U.S.A.

Crystal dimensions
0.16 × 0.16 × 0.09 mm.

Lattice constants
a = 8.5646(2), b = 13.0334(3), c = 7.1747(2) Å,
β = 115.984(2)°, V = 719.93(2) Å^3,
a^* = 0.129889(3), b^* = 0.076726(2), c^* = 0.155052(3) Å^{-1},
β^* = 64.016(2)°, V = 0.00138903 Å^{-3}.

Structural indicators
$\Delta(bc)$ = 0.504, $\Delta(b^*c^*)$ = 0.512.

Compositions from V and a
N_{Or} from V: 0.910 (eq. 1), 0.885 (eq. 4),
N_{Or} from a: 0.883 (eq. 5).

Discrepancy factors and number of diffractions used in structure refinement
R = 0.022, wR = 0.024, No. of $|Fo|$ = 817.

Mean T-O distances
$\langle T1\text{-O}\rangle$ = 1.6428(8), $\langle T2\text{-O}\rangle$ = 1.6398(9) Å.

Al contents from T-O distances
t1 = 0.262(5), t2 = 0.236(7), tot = 0.996(1),
2t1 = 0.523(7).

(c) low-temperature crystal structures of natural K-rich feldspars

Itrongay orthoclase at 121 K (Kimata *et al.*, 1996)

Specimen, *Occurrence* and *Crystal dimensions*
The specimen was the same as that used by Kimata *et al.* (1996). See the section on the Itrongay orthoclase at 296 K in Table A1-a.

Lattice constants
a = 8.574(1), b = 13.006(1), c = 7.191(1) Å,
β = 116.07(1)°, V = 720.2(1) Å^3,
a^* = 0.12984, b^* = 0.07689, c^* = 0.15481 Å^{-1},
β^* = 63.93°, V = 0.0013883 Å^{-3}.

Structural indicators
$\Delta(bc)$ = 0.684, $\Delta(b^*c^*)$ = 0.649.

Compositions from V and a
N_{Or} from V: 0.928 (eq. 2), 0.916 (eq. 6),
N_{Or} from a: 0.918 (eq. 7).

Discrepancy factors and number of diffractions used in structure refinement
R = 0.044, wR = 0.042, No. of $|Fo|$ = 940.

Mean T-O distances
$\langle T1\text{-O}\rangle$ = 1.6602(13), $\langle T2\text{-O}\rangle$ = 1.6280(12) Å.

Al contents from T-O distances
t1 = 0.379(9), t2 = 0.116(9), tot = 0.990(7),
2t1 = 0.758(10).

Table A2. Specimen description and geological occurrence, crystal dimensions, lattice constants, structural indicators $\Delta(bc)$, $\Delta(b^*c^*)$, $\Delta(\alpha\gamma)$, and $\Delta(\alpha^*\gamma^*)$, N_{Or} contents from V and a, discrepancy factors and number of diffractions used in structure refinement, $\langle T\text{-O}\rangle$ distances and derived Al contents of T sites for Na-rich feldspars from granitic pegmatites.

(a) room-temperature crystal structures of natural Na-rich feldspars

Ramona low albite (Ribbe *et al.*, 1969; also Ferguson *et al.*, 1958)

Specimen
No. 29 of a suite of plagioclase feldspars given by R.C. Emmons to W.H. Taylor.

Occurrence
Little Three mine, Ramona, San Diego County, California, U.S.A., in a cavity in an albitized pegmatite.

Crystal dimensions
A fragment nearly equidimensional in aspect, with edge ~ 0.2-0.3 mm.

Lattice constants
$a = 8.138$, $b = 12.789$, $c = 7.156$ Å,
$\alpha = 94.33$, $\beta = 116.57$, $\gamma = 87.65°$,
$V = 664.2$, Å^3,
$a^* = 0.13739$, $b^* = 0.07842$, $c^* = 0.15656$ Å^{-1},
$\alpha^* = 86.33$, $\beta^* = 63.53$, $\gamma^* = 90.46°$,
$V^* = 0.0015056$ Å^{-3}
(from Ferguson *et al.*, 1958; σ values were given in d_{100}, d_{010}, and d_{001} as 0.005, 0.001, 0.002 Å, and in α^*, β^*, γ^* as 0.03, 0.03, 0.03°).

Structural indicators
$\Delta(bc) = 0.959$, $\Delta(b^*c^*) = 0.971$,
$\Delta(\alpha\gamma) = 1.007$, $\Delta(\alpha^*\gamma^*) = 1.008$.

Compositions from V and a
N_{Or} from V: 0.007 (eq. 3), 0.025 (eq. 8),
N_{Or} from a: 0.012 (eq. 9).

Discrepancy factor and number of diffractions used in structure refinement
$R = 0.068$, No. of $|Fo| = 1994$
(intensity data by Ferguson *et al.*, 1958 from Weissenberg photographs; structure refinement by Ribbe *et al.*, 1969).

Mean T-O distances
$\langle T1o\text{-O}\rangle = 1.7457(23)$, $\langle T1m\text{-O}\rangle = 1.6102(23)$,
$\langle T2o\text{-O}\rangle = 1.6148(23)$, $\langle T2m\text{-O}\rangle = 1.6122$ Å(23).

Al contents from T-O distances
t1o = 1.029(18), t1m = –0.021(18),
t2o = 0.013(17), t2m = –0.006(18), tot = 1.016(36),
t1o + t1m = 1.008(26), t1o – t1m = 1.050(25).

Amelia low albite (Harlow & G.E. Brown, 1980)

Specimen
No. 6306 supplied by D.R. Waldbaum. Investigated by neutron and X-ray diffraction methods.

Occurrence
From a granitic pegmatite at the Rutherford mine in Amelia County, Virginia, U.S.A.

Crystal dimensions
X-ray:
a cleaved fragment with a volume of 2.04×10^{-3} mm^3 with largest edge dimension of 0.4 mm;
neutron:
a clear glassy rhomb of cleavelandite habit with a volume of 15.4 mm^3.

Lattice constants
$a = 8.142(2)$, $b = 12.785(2)$, $c = 7.159(2)$ Å,
$\alpha = 94.19(2)$, $\beta = 116.61(2)$, $\gamma = 87.68(2)°$,
$V = 664.5(9)$, Å^3,
$a^* = 0.13738$, $b^* = 0.07843$, $c^* = 0.15653$ Å^{-1},
$\alpha^* = 86.48$, $\beta^* = 63.48$, $\gamma^* = 90.50°$,
$V^* = 0.0015049$ Å^{-3}
(from X-ray powder diffractometer data).

Structural indicators
$\Delta(bc) = 0.986$, $\Delta(b^*c^*) = 0.983$,
$\Delta(\alpha\gamma) = 0.995$, $\Delta(\alpha^*\gamma^*) = 0.995$.

Compositions from V and a
N_{Or} from V: 0.011 (eq. 3), 0.028 (eq. 8),
N_{Or} from a: 0.020 (eq. 9).

Discrepancy factors and number of diffractions used in structure refinements
X-ray:
$R = 0.040$, $wR = 0.035$, No. of $|Fo| = 2441$;
neutron:
$R = 0.021$, $wR = 0.024$, No. of $|Fo| = 1633$.

Mean T-O distances
X-ray:
$\langle T1o\text{-O}\rangle = 1.7422(10)$, $\langle T1m\text{-O}\rangle = 1.6070(10)$,
$\langle T2o\text{-O}\rangle = 1.6152(10)$, $\langle T2m\text{-O}\rangle = 1.6160(10)$ Å;
neutron:
$\langle T1o\text{-O}\rangle = 1.7429(5)$, $\langle T1m\text{-O}\rangle = 1.6087(4)$,
$\langle T2o\text{-O}\rangle = 1.6141(4)$, $\langle T2m\text{-O}\rangle = 1.6156$ Å(4).

Al contents from Si,Al site refinement of neutron data
t1o = 0.970(19), t1m = 0.035,
t2o = 0.0, t2m = 0.0.

Al contents from T-O distances
X-ray:
t1o = 1.002(8), t1m = –0.047(8),
t2o = 0.018(8), t2m = 0.023(8), tot = 0.996(16),
t1o + t1m = 0.955(12), t1o – t1m = 1.049(11);
neutron:
t1o = 1.007(4), t1m = –0.033(3),
t2o = 0.008(3), t2m = 0.020(3), tot = 1.002(7),
t1o + t1m = 0.973(5), t1o – t1m = 1.040(5).

Rabb Canyon high albite (Keefer & G.E. Brown, 1978)

Specimen, Occurrence and *Crystal dimensions*
The specimen was the same as that used by Keefer & G.E. Brown (1978). See the section on the Rabb Canyon high sanidine in Table A1-a.

Lattice constants
$a = 8.144(2)$, $b = 12.989(3)$, $c = 7.160(2)$ Å,
$\alpha = 92.10(2)$, $\beta = 116.56(2)$, $\gamma = 90.21(2)°$,
$V = 676.9$ Å^3,
$a^* = 0.13731$, $b^* = 0.07706$, $c^* = 0.15629$ Å^{-1},
$\alpha^* = 87.55$, $\beta^* = 63.41$, $\gamma^* = 88.72°$,
$V^* = 0.0014774$ Å^{-3}.

Structural indicators
$\Delta(bc) = 0.525$, $\Delta(b^*c^*) = 0.384$,
$\Delta(\alpha\gamma) = -0.022$, $\Delta(\alpha^*\gamma^*) = -0.024$.

Table A2. Continued

Compositions from V and a
N_{Or} from *V*: 0.136 (eq. 1), 0.121 (eq. 4),
N_{Or} from *a*: –0.039 (eq. 5).

Discrepancy factors and number of diffractions used in structure refinement
$R = 0.083$, $wR = 0.096$, No. of $|Fo| = 1698$.

Mean T-O distances
$\langle T1o\text{-O}\rangle = 1.6562(23)$, $\langle T1m\text{-O}\rangle = 1.6567(23)$,
$\langle T2o\text{-O}\rangle = 1.6378(20)$, $\langle T2m\text{-O}\rangle = 1.6425(21)$ Å.

Al contents from T-O distances
t1o = 0.314(16), t1m = 0.318(16),
t2o = 0.175(13), t2m = 0.209(13), tot = 1.015(6),
t1o + t1m = 0.631(18), t1o – t1m = –0.004(26).

(b) room-temperature crystal structures of pre-heated Na-rich feldspars

Amelia high albite (Ribbe *et al.*, 1969; also Ferguson *et al.*, 1958)

Specimen
No. 31 in the suite of feldspars described by Emmons *et al.* (1953), supplied by R.C. Emmons. Fragment heated at a temperature of 1065 °C for 16 days; optically free from twinning.

Occurrence
From a granitic pegmatite near Amelia, Amelia County, Virginia, U.S.A.

Crystal dimensions
About 0.1 mm on each edge.

Lattice constants
$a = 8.149$, $b = 12.880$, $c = 7.106$ Å,
$\alpha = 93.37$, $\beta = 116.30$, $\gamma = 90.28°$,
$V = 667.1$ Å^3,
$a^* = 0.13697$, $b^* = 0.07782$, $c^* = 0.15734$ Å^{-1},
$\alpha^* = 86.10$, $\beta^* = 63.63$, $\gamma^* = 88.02°$,
$V^* = 0.0014991$ Å^{-3}
(from Ferguson *et al.*, 1958; σ values were given in d_{100}, d_{010}, and d_{001} as 0.002, 0.001, 0.003 Å, and in α*, β*, γ* as 0.03, 0.03, 0.03°. *V* corrected from original data).

Structural indicators
$\Delta(bc) = 0.468$, $\Delta(b^*c^*) = 0.508$,
$\Delta(\alpha\gamma) = -0.013$, $\Delta(\alpha^*\gamma^*) = -0.011$.

Compositions from V and a
N_{Or} from *V*: 0.010 (eq. 1), 0.011 (eq. 4),
N_{Or} from *a*: –0.027 (eq. 5).

Discrepancy factor and number of diffractions used in structure refinement
$R = 0.082$, No. of $|Fo| = 1797$
(intensity data by Ferguson *et al.*, 1958 from Weissenberg photographs; structure refinement by Ribbe *et al.*, 1969).

Mean T-O distances
$\langle T1o\text{-O}\rangle = 1.6475(30)$, $\langle T1m\text{-O}\rangle = 1.6440(30)$,
$\langle T2o\text{-O}\rangle = 1.6388(30)$, $\langle T2m\text{-O}\rangle = 1.6432(30)$ Å.

Al contents from T-O distances
t1o = 0.281(19), t1m = 0.255(19),
t2o = 0.212(21), t2m = 0.249(21), tot = 0.997(3),
t1o + t1m = 0.536(22), t1o – t1m = 0.027(32).

(c) high-temperature crystal structures of pre-heated Na-rich feldspars

Amelia monalbite at 980 and 1060 °C (Winter *et al.*, 1979; also Duba & Piwinskii, 1974, and Okamura & Ghose, 1975a, 1975b)

Specimen
A fragment of Amelia albite, annealed between 1080 and 1111 °C for 133 days, which became monoclinic at 930 °C; used for intensity data collection at 980 and 1060 °C.

Occurrence
See the section on Amelia low albite in Table A2-a.

Crystal dimensions
Not given.

Lattice constants
At 980 °C:
$a = 8.274(5)$, $b = 12.991(6)$, $c = 7.144(4)$ Å,
$\alpha = 90.06(4)$, $\beta = 116.13(4)$, $\gamma = 90.05(4)°$,
$V = 689.4(6)$ Å^3,
$a^* = 0.13462$, $b^* = 0.07698$, $c^* = 0.15591$ Å^{-1},
$\alpha^* = 89.91$, $\beta^* = 63.87$, $\gamma^* = 89.92°$,
$V^* = 0.0014505$ Å^{-3};
at 1060 °C:
$a = 8.297(5)$, $b = 12.994(6)$, $c = 7.144(5)$ Å,
$\alpha = 90.03(4)$, $\beta = 116.01(4)$, $\gamma = 89.99(4)°$,
$V = 692.2(6)$ Å^3;
$a^* = 0.13411$, $b^* = 0.07696$, $c^* = 0.15575$ Å^{-1},
$\alpha^* = 89.97$, $\beta^* = 63.99$, $\gamma^* = 90.00°$,
$V^* = 0.0014447$ Å^{-3}.

Structural indicators
At 980 °C:
$\Delta(bc) = 0.420$, $\Delta(b^*c^*) = 0.431$,
$\Delta(\alpha\gamma) = -0.019$, $\Delta(\alpha^*\gamma^*) = -0.019$;
at 1060 °C:
$\Delta(bc) = 0.412$, $\Delta(b^*c^*) = 0.460$,
$\Delta(\alpha\gamma) = 0.005$, $\Delta(\alpha^*\gamma^*) = 0.005$.

Compositions from V and a
At 980 °C:
N_{Or} from *V*: 0.309 (eq. 1), 0.289 (eq. 4),
N_{Or} from *a*: 0.248 (eq. 5);
at 1060 °C:
N_{Or} from *V*: 0.351 (eq. 1), 0.331 (eq. 4),
N_{Or} from *a*: 0.296 (eq. 5).

Discrepancy factors and number of diffractions used in structure refinement
At 980 °C: $R = 0.040$, $wR = 0.039$, No. of $|Fo| = 863$;
at 1060 °C: $R = 0.044$, $wR = 0.041$, No. of $|Fo| = 355$.

Mean T-O distances
At 980 °C:
$\langle T1\text{-O}\rangle = 1.6470(9)$, $\langle T2\text{-O}\rangle = 1.6367(9)$ Å;
at 1060 °C:
$\langle T1\text{-O}\rangle = 1.6447(33)$, $\langle T2\text{-O}\rangle = 1.6290(39)$ Å.

Table A2. Continued

Al contents from T-O distances
At 980 °C:
t1 = 0.288(6), t2 = 0.206(7), tot = 0.988(2),
2t1 = 0.577(7);
at 1060 °C:
t1 = 0.306(21), t2 = 0.168(36), tot = 0.947(20),
2t1 = 0.612(26).

(d) low-temperature crystal structures of natural Na-rich feldspars

Ramona low albite at 93 K (Williams & Megaw, 1964)

Specimen, *Occurrence*, *Crystal dimensions*, *Lattice constants*, *Structural indicators* and *Compositions from V and a*
The specimen was the same as that used by Ferguson *et al.* (1958). Williams & Megaw (1964) used in their work the lattice constants determined by Ferguson *et al.* (1958) at room temperature for the Ramona low albite (see the relevant section in Table A2-a).

Discrepancy factors and number of diffractions used in structure refinement
[100] projection: $R = 0.111$, No. of $|Fo| = 239$;
[001] projection: $R = 0.094$, No. of $|Fo| = 258$
(from Weissenberg photographs).

Mean T-O distances
$\langle T1o\text{-O}\rangle = 1.7370(60)$, $\langle T1m\text{-O}\rangle = 1.6172(60)$,
$\langle T2o\text{-O}\rangle = 1.6220(60)$, $\langle T2m\text{-O}\rangle = 1.6158(60)$ Å.

Al contents from T-O distances
t1o = 0.960(47), t1m = 0.030(42),
t2o = 0.064(40), t2m = 0.020(42), tot = 1.074(77),
t1o + t1m = 0.990(62), t1o − t1m = 0.930(64).

Amelia low albite at 13 K (Smith *et al.*, 1986)

Specimen
Supplied by G.E. Harlow and G.E. Brown, and investigated by neutron diffraction.

Occurrence
See the section on the Amelia low albite in Table A2-a.

Crystal dimensions
The crystal weighs 0.0264 g and has a volume of 10 mm^3.

Lattice constants
$a = 8.1151(8)$, $b = 12.7621(25)$, $c = 7.1576(6)$ Å,
$\alpha = 94.218(12)$, $\beta = 116.803(8)$, $\gamma = 87.707(13)°$,
$V = 659.83$ Å^3,
$a^* = 0.138064$, $b^* = 0.078572$, $c^* = 0.156833$ Å^{-1},
$\alpha^* = 86.431$, $\beta^* = 63.285$, $\gamma^* = 90.440°$,
$V^* = 0.00151555$ Å^{-3}.

Structural indicators
$\Delta(bc) = 1.024$, $\Delta(b^*c^*) = 0.980$,
$\Delta(\alpha\gamma) = 0.985$, $\Delta(\alpha^*\gamma^*) = 0.978$.

Compositions from V and a
N_{Or} from V: −0.073 (eq. 3), −0.027 (eq. 8),
N_{Or} from a: −0.030 (eq. 9).

Discrepancy factors and number of diffractions used in structure refinement
$R(F^2) = 0.0223$, $wR(F^2) = 0.0298$, No. of $|Fo| = 2662$.

Mean T-O distances
$\langle T1o\text{-O}\rangle = 1.7433(3)$, $\langle T1m\text{-O}\rangle = 1.6106(2)$,
$\langle T2o\text{-O}\rangle = 1.6148(2)$, $\langle T2m\text{-O}\rangle = 1.6165(2)$ Å.

Al contents from Si,Al site refinement
T1o: 0.997(4) Al; *T1m*: 1.001(3) Si;
T2o: 1.002(3) Si; *T2m*: 1.006(4) Si.

Al contents from T-O distances
t1o = 1.010(2), t1m = −0.018(2),
t2o = 0.013(2), t2m = 0.026(2), tot = 1.032(3),
t1o + t1m = 0.992(3), t1o − t1m = 1.029(3).

Composition from Na site refinement
$N_{Ab} = 0.972(1)$.

Memorie della Società Italiana di Scienze naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano
Volume XXX - pp.: 111-115, 2000

Geochemistry of yttrium with respect to the rare-earth elements in pegmatites

Carlo M. Gramaccioli*[1] & Federico Pezzotta[2]

[1] *Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi, Via Botticelli 23, 20133 Milan, Italy*
[2] *Museo Civico di Storia Naturale, Corso Venezia 55, 20121 Milan, Italy*

Abstract - The geochemical behaviour of yttrium and of the REEs in the trivalent state is usually described on the basis of differences in the ionic radii; some aspects of the geochemistry of scandium are also explained in the same way. However, the trend observed for the stability constants of the complexes of these elements reported in the literature does not coincide exactly with that of the ionic radii, and accounts for the importance of covalent bonds and *4f* electrons. For instance, the constants of fluoride complexes are about three orders of magnitude higher for Sc than for any REE, and those of Y are higher by a factor of two at least. Such data indicate that the presence of the fluoride ion or of other ligands should lead to notable geochemical differentiation between Sc and Y on one hand and the REEs on the other.

In minerals the abundance ratios between Y and the REEs around Dy, whose ionic radii are close to that of Y, are subject to notable variation, instead of remaining constant as they should have been if the chemical properties of these elements were linked to the ionic radius exclusively; furthermore, a very selective enrichment of scandium with respect to the REEs is observed in some particular minerals. Therefore, the deviation of such abundance ratios from the general average, as well as the very presence of scandium minerals, could indicate a high activity of complexing factors in the depositing fluids.

On examining some particularly evident examples of this situation in granitic pegmatites, the observed paragenesis indeed suggests that whenever such abundance ratios in the Y-, REE- and Sc-minerals are significantly different from the average a relevant concentration of the fluoride ion was present in the depositing solutions. Examples of this kind are the Arvogno pegmatite (Vigezzo valley, NW Italy), the Baveno miarolitic pegmatites (NW Italy), and the amazonite-bearing pegmatites in the Kola Peninsula.

Riassunto - Il comportamento geochimico dell'ittrio e degli elementi delle terre rare nello stato trivalente è normalmente descritto sulla base delle differenze del raggio ionico; similmente sono spiegati alcuni aspetti del comportamento geochimico dello scandio. Tuttavia, i trend osservati per le costanti di stabilità dei complessi di questi elementi riportati in letteratura non coincidono esattamente con quelli stimati in base ai raggio ionici, e danno ragione dell'importanza dei legami covalenti e della presenza degli elettroni *4f*. In effetti, le costanti dei complessi con i fluoro sono circa tre ordini di grandezza più alti per lo Sc che per ogni REE, e quelle dell'Y sono superiori di almeno un fattore due. Questi dati indicano che la presenza degli ioni fluoro o di altri elementi in grado di formare legami possono dar luogo a consistenti differenziazioni geochimiche tra Sc e Y da una parte e REE dall'altra.

Nei minerali i rapporti delle abbondanze tra Y e REE attorno al Dy, i cui raggi ionici sono prossimi a quelli dell'Y, sono soggetti a notevoli variazioni, invece di rimanere costanti come dovrebbero se le proprietà chimiche di questi elementi fossero esclusivamente legate ai raggi ionici; inoltre, un arricchimento molto selettivo in Sc rispetto alle REE è osservabile in alcuni particolari minerali. Quindi, la deviazione di questi rapporti di abbondanza dal valore generale, come anche la notevole presenza di minerali di scandio, potrebbe indicare una elevata attività di fattori complessanti nei fluidi dai quali i minerali si sono depositati.

Esaminando alcuni campioni delle pegmatiti granitiche in cui questa situazione è particolarmente evidente, la paragenesi osservata indica infatti che quando questi rapporti di abbondanza nei minerali di Y, REE e Sc differiscono in modo significativo dal valore normale, una concentrazione rilevante di ione fluoruro era presente nelle soluzioni dalle quali i minerali cristallizzavano. Esempi di questo tipo sono nella pegmatite di Arvogno (Val Vigezzo, NW Italia), nelle pegmatiti miarolitiche di Baveno (NW Italia), e nelle pegmatiti ad amazzonite della penisola di Kola.

Keywords: Y minerals, Sc minerals, REE-minerals, fluoride complexes, granitic pegmatites.

* E-mail: carlo@r10.terra.unimi.it

Introduction

The geochemical behaviour of yttrium and the REEs is a "classic" subject to explain the fundamental importance of the ionic radii in such respect. Whereas the radius of La^{3+} is notably larger than that of Y^{3+}, on increasing the atomic number from Ce to Lu inside the REE group the radii become smaller due to the well-known phenomenon of lanthanide contraction. Such a contraction (from about 1.14 to 0.85 Å at the two extremes of the series, according to Ahrens, 1952) is notable and, as a consequence, the crystal structures of the rare-earth compounds are strongly influenced. For Dy and Ho the ionic radius almost equals that of Y, and as a consequence the separation of these elements is very difficult, even in the laboratory.

Apart from the effects of the well-known geochemical differentiation from the rest of the REEs involving Ce on one hand and Eu on the other, due to the possibility of easily changing their oxidation state, the distribution of the REEs in minerals is strongly connected with the particular crystal structure. A common feature in many localities is the association of different REE-minerals: some of these show a strong prevalence of the lighter REEs (LREE), such as Ce, La and Nd, and some others instead show predominance of the heavier ones (HREE), such as Gd, Dy, Er, and Yb. A typical example of such a situation is the couple of phosphates monazite ($CePO_4$, with notable amounts of La,Nd,etc.) and xenotime (YPO_4, with notable amounts of Dy, Er,Yb,Gd). In spite of their similar chemical composition, the crystal structures of these two minerals are not the same, and a completely different symmetry is even implied, monoclinic for monazite and tetragonal for xenotime; such a diversity in the crystal structures can be reasonably well explained on grounds of differences in the ionic radii, the metal-oxygen distances being shorter for xenotime than for monazite. The chemical behaviour of Y is close to that of the HREEs, and because Y is much more abundant in nature, almost all the HREE-minerals contain large amounts of Y, which is the prevailing element almost universally. The exceptions are rare but, since they do exist (see below), they also should be explained.

Since scandium lies immediately above Y in the same column of the Periodic System, and owing to the lanthanide contraction, the radii of the heaviest REEs approach that of Sc^{3+} (0.81 Å), and it is even slightly smaller. For this reason, Sc in minerals would be expected to accompany especially the last terms of the REE series, such as Yb and Lu. Such a phenomenon does actually occur, for example, for thortveitite ($Sc_2Si_2O_7$), which quite often contains notable amounts of REEs with a strong prevalence of the heaviest ones (Bianchi *et al.*, 1988). However, as it will be shown below, here also a number of "anomalous" cases needing appropriate explanation can be observed.

The importance of complexes

The tendency of all these elements in forming complexes is well known. For instance, a review by Walker and Choppin (1967) reports the stability constants of the complexes of Sc, Y, and the REEs with the fluoride ion, and similar data are also reported by Brookins (1989); see also Gmelin (1980-1990). Among these constants (see Table 1), the first one $K_1 = [MF^{2+}]/[M^{3+}][F^-]$ is known for all the elements here considered, and a comparison between all of them in the same conditions (at 25°C and with a ionic strength of 0.5) is particularly interesting. For instance, the logarithm of K (on decimal basis) ranges from about 2.69 (for La) to 3.47 (for Lu), thereby showing a far greater ease of forming such complexes by the HREEs with respect to the LREEs. The corresponding value for Sc (about 6.18) provides dramatic difference between this element and all the REEs, including the heaviest ones, the value of K being about three orders of magnitude as high; such an argument accounts for the possibility of a markedly different geochemical behaviour of scandium with respect to the REEs and Y whenever the activity of ligands such as the fluoride ion is relevant.

An interesting remark of some historical value based on the microchemical behaviour of Sc is due to Artini (1915) who had the problem of characterising bazzite ($Be_3Sc_2Si_6O_{18}$) for the first time, as a unique occurrence of a scandium mineral then discovered at Baveno. According to a number of tests he had performed at the microscope, this element could be distinguished quite readily from most REEs (apparently including even the heaviest terms, such as Yb) because a "double oxalate" was easily formed, which afforded nice small dodecahedral crystals. Turning to a more modern interpretation of such qualitative tests, here also evidence is provided for a much greater tendency for Sc to form complexes with respect to any REE.

Table 1 - Reactions of complexing with fluoride ion.

$$M^{3+} + F^- \rightarrow MF^{2+}$$

$$K_1 = [MF^{2+}]/[M^{3+}][F^-]$$

$$MF^{2+} + F^- \rightarrow MF_2^+$$

$$K_2 = [MF_2^+]/[MF^{2+}][F^-]$$

etc.

$$M^{3+} + 6F^- \rightarrow MF_6^{3-}$$

Values of the equilibrium constants at 25°C.

Ion	$Log_{10} K_1$	$Log_{10} K_2$	$Log_{10} K_3$	$Log_{10} K_4$
Sc^{3+}	7.08 (6.18)	5.81	4.48	2.85
Y^{3+}	4.81 (3.90)	3.73	3.60	
La^{3+}	3.56 (2.69)	(2.49)		
Ce^{3+}	3.99 (3.11)	(2.81)		
Gd^{3+}	4.26 (3.40)	(3.28)		
Dy^{3+}	(3.58)			
Er^{3+}	(3.54)			
Yb^{3+}	(3.61)			
Lu^{3+}	(3.47)			

Data from Walker & Choppin (1967), at 25°C and with ionic strength s→ 0, average from different authors. The corresponding data within parentheses are at the same temperature, with s = 0.5

The variation of such stability constants is usually considered to depend on the ionic radius almost exclusively, and the same trend is more or less assumed to hold, the highest values corresponding to the smallest ions. However, if such an hypothesis were true exactly, the value of the corresponding equilibrium constant for Y should be the same as that of Dy, since the ionic radius of Dy^{3+} and that of Y^{3+} are the same (0.92 Å according to Ahrens, 1952). On the contrary (see Table 1), these constants are notably different: for instance, in the same conditions, that of Y is about 2.2 times greater than that of Dy, and it is more than twice as great as that of any REE, including the heaviest ones. Such data provide an evident demonstration that the chemical behaviour of these elements (in the trivalent state) cannot be entirely explained on basis of the ionic radii, and the importance of the REE-exclusive *4f* electrons in affecting covalent bonds (such as those occurring in complexes) is not negligible.

The different behaviour of Y with respect to Dy and the nearby elements has been investigated by a number of researchers involved in the separation and purification processes of the REEs, as well as actinides. These studies provide evidence that the order of the different elements in elution processes from columns of ion-exchange resins can be markedly changed on adding some complexing agents. For an exhaustive review of the subject. see Gmelin's Handbuch (1976), Part B2, 39, pp. 85-89. Springer, Berlin-New York. Similar conclusions may be drawn with respect to other ligands occurring in nature, for which reliable data are also provided (see, for instance: Brookins, 1989): among such ligands, especially the carbonate, the phosphate, chloride, sulphate, or even the hydroxyl ions could be important. It should be noticed that the most marked (and well documented) differences between the stability constants of the Y and REE complexes seem to be those involving the fluoride ion; in addition, here we are purposely limiting our attention to granitic rocks, and therefore in such acidic environments the fluoride ion becomes by far the most important ligand.

ANOMALOUS Y CONTENT IN REE-MINERALS

Because the radii of Dy^{3+} and Gd^{3+} practically coincide with that of Y^{3+}, if the behaviour of Y with respect to the REEs would depend on the ionic radius only, in any mineral the abundance ratio of Y with respect to Dy or Gd should always be close to the corresponding value in the Earth's upper crust (6.3 and 5.8 in weight, respectively, according to Taylor & McLennan, 1985). However, in nature ample deviations are sometimes observed (see Table 2). For instance, these ratios were already noticed to vary appreciably in a number of Alpine occurrences by Mannucci *et al.* (1986) and Demartin *et al.* (1991 and 1993).

In particular, Demartin *et al.* (1993) systematically carried out an accurate chemical and crystallographic investigation on a series of Alpine specimens of gadolinite occurring either in fissures or in pegmatites. For most of these samples, the Y/Dy abundance ratio does not show any significant deviation with respect to the Earth's crust average, although the average of such data (7.2 ± 0.4) seems to be significantly high. However, for two pegmatites at Arvogno, Val Vigezzo, the values become notably higher, and the same enrichment in Y is observed not only for gadolinite but also for xenotime from the same locality. Therefore, in agreement with expectation based on crystal-chemical grounds, such a selective concentration of Y does not depend on the nature of the particular mineral, but it should be ascribed instead to substantial differences of composition in the fluid from which the crystals were deposited. The most reasonable hypothesis is that at Arvogno in these fluids a notable concentration of a complexing agent was present, and F (as the fluoride ion) is the most likely candidate. Indeed, and differently from most Alpine pegmatites containing notable amounts of REE-minerals, the Arvogno pegmatites are rich in fluorite, which is present in small lumps closely associated with the REE-minerals (Albertini, 1988).

Table 2-Y/Dy ratio (weight) in samples of gadolinite (1) and xenotime (2).

* according to Taylor & McLennan (1985).
§ material from Alpine fissures: from Demartin *et al.*(1993).
§§ material from Alpine pegmatites: from Demartin *et al.*(1993).
\+ from Miyawaki *et al.*(1984).
++ from Nilssen (1973).
¶ from Diella, Pezzotta & Gramaccioli (1997).
† from Aleksandrova *et al.* (1966).
‡ from Belolipetskii & Voloshin (1996).
\# associated with monazite-(Nd);unproperly named as coming from Clogstafelberg; it can be more rightly considered as hingganite-(Y), due to low Fe.
The uncertainty of the above reported data is about ±1, unless specified otherwise.

Upper Earth's crust **	6.3	
	(1)	**(2)**
Böckstein, Rauris§	8 (±1)	
Moos, Rauris§	8	
Beura, Ossola§	7	
Hopffeldboden, Obersulzbachtal§	5	
Furka tunnel, Val Bedretto§	7	
Val Nalps, Graubünden§	8	6
"Strada", Arvogno, V.Vigezzo§§	10	
"Bosco", Arvogno§§	24	23
Monte Bassetta, V.Vigezzo§§	6	
Monte Giove#, Val Formazza§	4	
Triolet, Monte Bianco§	8	6
Alpe Veglia, Val Divedro (Simplon)§	6	
Miyazuma-kyo, Japan+	6	
Hundholmen, Norway++	8	
average for granite pegmatites†	6.9	
average for Baveno¶	5.8 (±0.5)	
Tuva, hingganite-(Y)‡	8	
Kola, hingganite-(Y)‡	10	30
Kola, hingganite-(Yb)‡	3	13

Belolipetskii & Voloshin (1996) describe a group of amazonite-bearing pegmatites in Kola Peninsula remarkable for the unusual presence of several REE-minerals very rich in Yb, such as xenotime and thalenite. In some instances, the concentration of Yb becomes so great to give origin to two "proper" Yb-minerals, such as keivyite-(Yb) and hingganite-(Yb): especially for keivyite, these authors have noted a marked "negative Y anomaly": in other words, such an anomaly exactly corresponds to a significant deviation in the Y/Dy abundance ratio from the general average. The most likely way leading to formation of Yb-rich minerals is not only that of selectively concentrating the heaviest REEs, but in view of the general much greater abundance of yttrium, large quantities of Y should also be removed, the most plausible mechanism being based on the complexing action of the fluoride ion. And, indeed, these pegmatites contain a very notable amount of fluorite, which is often closely associated with these REE-minerals. Contrarily to the material from Arvogno, the only reported data concerning xenotime from Kola do not match those of other REE-minerals such as thalenite; however, here a whole series of minerals with varying concentrations of Y and REE occur together and such a complex geochemical situation could certainly be better explained by a more detailed paragenetic study.

Examples of anomalous geochemical behaviour of Sc

The Sc content in REE-minerals is often surprisingly low, even in those strongly enriched in the HREEs. Further evidence for the different geochemical behaviour of scandium with respect to the REEs is that Sc-rich species do not seem to contain particularly high amounts of the REEs, with the only exception of thortveitite in some occurrences (especially Norwegian: see Bianchi *et al.*, 1988, and below).

This situation is evident on examining the data which have been published so far for the few known examples of scandium minerals, such as for instance kolbeckite ($ScPO_4.2H_2O$) from Utah (Larsen & Montgomery, 1940; Mrose and Wappner, 1959), Austria (Postl, 1981), and Italy (Palenzona & Bulgarelli, 1993), or bazzite from the Alps (Huttenlocher *et al.*, 1954; Novacki and Phan, 1964) and from Kazakhstan (Chistyakova *et al.*, 1966). Such conclusions are confirmed by our own examination at an EDS-equipped electron microscope of a remarkably extensive series of samples of Sc-minerals from the collections of Museo Civico di Storia Naturale, or also found by various collectors and kindly submitted to our attention. This series include specimens of such as bazzite, cascandite $CaScSi_3O_8OH$, jervisite $NaScSi_2O_6$ (Mellini *et al.*, 1982), and scandiobabingtonite $Ca_2FeScSi_5O_{14}OH$ (Orlandi *et al.*, 1998) from Baveno, or of kolbeckite from Austria and Italy; in the few cases where it was possible to slightly damage the specimens to get polished samples, a quantitative analysis was also performed at the ARL-SEMQ electron microprobe of Centro CNR per la Geodinamica Alpina e Quaternaria, located at the Dept. of Earth Sciences of the University of Milan. For most of these minerals, the REEs are nearly always below the detection limit of our instruments (about 0.2%), and also Y is particularly low (for a list of these data see Gramaccioli *et al.*, 2000). Here, again, Fe and Mn, rather than the REEs, seem to substitute Sc.

In line with such observations, Sc is well known to be a minor component of amphiboles, micas, pyroxenes, and especially of complex oxides (such as wolframites, ixiolites, and columbites) where it often replaces iron (Phan, 1963); furthermore, in some REE-minerals, where Sc is instead particularly abundant, such as perrierite from Kazakhstan (Semenov *et al.*, 1966), this element substitutes Fe and Ti rather than the REEs. This surprising situation is confirmed on examining the REE distribution, which shows a marked prevalence of the lighter terms such as Ce and La instead of the heaviest ones such as Yb, thereby pointing out to crystal-chemical incompatibility of the site occupied by the large REE ions with respect to a much smaller ion such as Sc^{3+}. Therefore, Sc, like other minor elements, shows a double geochemical behaviour: at times it follows the REEs (as for instance in thortveitite), and in other cases (as it was first pointed out by Goldschmidt and Peters, 1931) it follows instead Mg, Al and Fe, or other transition elements of the *3d* series.

Such a double behaviour seems to occur even in the same mineral species from different localities. For instance, whereas thortveitite specimens from pegmatite occurrences in Norway, in Malagasy Republic, in Japan and in Russia contain notable quantities of REE and Y (Phan, 1963, and Bianchi *et al.*, 1988), thortveitite from Montana (Foord *et al.*, 1993) and from Baveno (Orlandi, 1990) are quite low in these elements. It is of main interest to point out that thortveitite from Baveno and Montana occur associated with fluorite, whereas thortveitites from Norway, Japan and Malagasy Republic (Phan, 1963; Chistyakova *et al.*, 1966; Phan *et al.*, 1967; Foord *et al.*, 1993) do not seem to be associated with fluorite.

Conclusions

Owing to the regular variation of their physical-chemical properties as a function of the atomic number, the REEs provide a very good ground for testing the geochemical behaviour of a group of elements. Although, the formation of complexes of the REEs, as well as those of yttrium and scandium, has already been studied for a long time by chemists and geologists, the argument should be further considered in explaining a number of geochemical details. Here the situation seems to be promising, since theoretical data and measurements carried out in the laboratory are quite consistent with observation in the field and provide a reasonable explanation of cases occurring in nature when unusual selective enrichment of these elements is taking place; on these same grounds useful predictions can be also formulated, at least in many instances. Consequently, increased attention in these phenomena, as well as in minerals considered too often as being of minor importance, might turn out to be most rewarding, if not essential, in the next future.

Acknowledgements

The courteous collaboration of C. Albertini, I. Campostrini, P. Gentile and A. Guastoni in providing

specimens of great interest is gratefully acknowledged. V. Diella is to be credited for the analyses carried out at the electron microprobe.

The authors are indebted to "Centro CNR per la Geodinamica Alpina e Quaternaria" for financial assistance and equipment; this project has also been financed in part by Progetto 40% MURST 1995 "Aspetti cristallochimici, cinetici e termodinamici delle trasformazioni naturali e sperimentali, dei minerali e delle loro associazioni".

REFERENCES

AHRENS L.H., 1952 - The use of ionization potentials- 1. Ionic radii of the elements. *Geoch. Cosmochim. Acta,* 2: 155-169.

ALBERTINI C., 1988 - La pegmatite del Bosco, Arvogno (Valle-Vigezzo, Novara). *Riv. Mineral. Ital.,* 11: 65-72.

ARTINI E., 1915 - Due minerali di Baveno contenenti terre rare: weibyeïte e bazzite. *Rendic. Acc. Lincei,* 24: 313-319.

BIANCHI R., PILATI T., DIELLA V., GRAMACCIOLI C.M. & MANNUCCI G., 1988 - A re-examination of thortveitite. *Amer. Mineral.,* 73: 601-607.

BELOLIPETSKII A.P. and VOLOSHIN A.V., 1996 - Yttrium and rare earth element minerals of the Kola Peninsula, Russia. In: Jones A.P., Wall F. and Williams C.T. Editors. Rare Earth Minerals: Chemistry, origin and ore deposits. *Chapman and Hall,* London: 311-326.

BROOKINS D.G. 1989 - Aqueous geochemistry of rare earth elements. In: Lipin B.R. and McKay G.A., Editors. Geochemistry and Mineralogy of Rare Earth Elements. Reviews in Mineralogy. *The Mineralogical Society of America,* Washington D.C., 21: 201-225.

CHISTYAKOVA M.B., MOLEVA V.A., RAZMANOVA Z.P. & YE A., 1966 - Bazzite found for the first time in the USSR. *Dokl. Akad. Nauk. SSSR,* 169: 1421-1424.

DEMARTIN F., PILATI T., DIELLA V., DONZELLI S., GENTILE P. & GRAMACCIOLI C.M., 1991 - The chemical composition of xenotime from fissures and pegmatites in the Alps. *Can. Mineral.,* 29: 69-75.

DEMARTIN F., PILATI T., DIELLA V., GENTILE P. & GRAMACCIOLI C.M. 1993 - A crystal-chemical investigation of Alpine gadolinite. *Can. Mineral.,* 31: 127 - 136.

DIELLA V., PEZZOTTA F. & GRAMACCIOLI C.M., 1997 - Preliminary chemical and paragenetic data on gadolinite-(Y) from Baveno (Lago Maggiore, Italy). First International Workshop on Petrology, Rare minerals and Gemstones of Shallow-Depth Pegmatites. Milan, *Museo Civico di Storia Naturale and Società Italiana di Scienze Naturali,* Abstract volume.

FOORD E. E., BIRMINGHAM S.D., DEMARTIN F., PILATI T., GRAMACCIOLI C.M. & LICHTE F.E., 1993 - Thortveitite and associated Sc-bearing minerals from Ravalli County, Montana. *Can. Miner.,* 31: 337-346.

GMELIN'S HANDBOOK OF INORGANIC CHEMISTRY, 1980-1990 - 8th Edition, Volumes D1-D5 (Rare Earth Elements). *Springer Verlag,* Heidelberg-Berlin-New York.

GOLDSCHMIDT V.M. & PETERS C., 1931 - Zur Geochemie des Scandiums. *Nachr. Ges. Wiss. Math.-Physik ,* 4: 257-.

GRAMACCIOLI C.M., DIELLA V. & DOMARTIN F., 2000 - the formation of scandium minerals as an example of the role of complexes in the geochemistry of more eartles and HFS elements Eur. J. Min., in press.

HUTTENLOCHER H., HÜGI TH. & NOWACKI W., 1954 - Röntgenographische und spektrographische Untersuchungen an Bazzit. *Schweiz. Min. Petr. Mitt.,* 34: 501-504.

LARSEN E.S. & MONTGOMERY A., 1940 - Sterrettite, a new mineral from Fairfield, Utah. *Am. Mineral.,* 25: 513-518.

MANNUCCI G., DIELLA V., GRAMACCIOLI C.M. & PILATI T., 1986 - A comparative study of some pegmatitic and fissure monazite from the Alps. *Can. Mineral.,* 24: 464-474.

MELLINI M., MERLINO S., ORLANDI P. & RINALDI R. 1982 - Cascandite and jervisite, two new scandium silicates from Baveno, Italy. *Amer. Mineral.,* 67: 599-603.

MROSE M.E. & WAPPNER B., 1959 - New data on the hydrated scandium phosphate minerals: sterrettite, "eggonite", and kolbeckite. *Bull. Geol. Soc. Am.,* 70: 1648-1649.

NOWACKI W. & PHAN K.D., 1964 - Composition quantitative de la bazzite de Val Strem (Suisse) déterminée par la microsonde électronique de Castaing. *Bull. Soc. fr. Minér. Crist.,* 87, 453.

ORLANDI P., 1990 - Zibaldone di mineralogia italiana. *Rivista Mineralogica Italiana,* 14, 137.

ORLANDI P., PASERO M. & VEZZALINI G., 1998 - Scandioba-bingtonite, a new mineral from the Baveno pegmatite, Piedmont, Italy. *Amer. Mineral,* 83: 1330-1334.

PHAN K.D., 1963 - Le scandium (Etude bibliographique). *Rev. Chron. Min. et Rech. Min.,* 324: 349-374.

PALENZONA A. & BULGARELLI G., 1993 - La kolbeckite di Bric Colmé (CN). *Rivista Mineralogica Italiana,* 17, 188.

PHAN K.D., FOISSY B., KERJEAN M., MOATTI J. & SCHILTZ J.C., 1967 - Le scandium dans les minéraux et les roches encaissantes de certaines pegmatites malgaches. *Bull. B. R. G. M.,* 3: 77-97.

POSTL W., 1981 - Kolbeckit, ein seltenes wasserhältiges Scandiumphosphat aus dem Steinbruch in der Klause bei Gleichenberg, Steiermark. *Mitt.-Bl. Abt. Miner. Landesmuseum Joanneum,* 49, 23(301)-30(308).

SEMENOV E.I., KULAKOV M.P., KOSTYNINA L.P., KAZAKOVA M.E. & DUDYKINA A.S., 1966 - Scandium content in the quartz-fluorite pegmatites of Kazakhstan. *Geokhimiya*: 244-246.

TAYLOR S.R. & MCLENNAN S.M., 1985 - The continental crust: its composition and evolution. *Blackwell,* London.

WALKER J.B. & CHOPPIN G.R., 1967 - Advan. Chem. Ser. 71, 127-40, cited and reported in Gmelin's Handbuch, 8th Edition, Part C3. *Springer,* Berlin-New York 1976: 123-125.

CONTENTS OF VOLUME XXX

Petr Černý - Constitution, petrology, affiliations and categories of miarolitic pegmatites ..... Pag. 5

Alexander U. Falster, Wm. B. Simmons, Karen L. Webber & Tom Buchholz - Pegmatites and Pegmatite Minerals of the Wausau Complex, Marathon County, Wisconsin ..... Pag. 13

Federico Pezzotta - Internal structures, parageneses and classification of the miarolitic li-bearing complex pegmatites of Elba Island (Italy) ..... Pag. 29

Milan Novák - Compositional pathways of tourmaline evolution during primary (magmatic) crystallization in complex (Li) pegmatites of the moldanubicum, Czech Republic ..... Pag. 45

Boris M. Shmakin, Victor Ye. Zagorsky, Eugene E. Foord, Michael E. Brownfield & Paul H. Briggs - New Data for Feldspars and Micas from Granitic Pegmatites in the Southwestern USA ..... Pag. 57

Blasi A. & De Pol Blasi C. - Crystal structures of alkali feldspars from granitic pegmatites: A review ..... Pag. 73

Carlo M. Gramaccioli & Federico Pezzotta - Geochemistry of yttrium with respect to the rare-earth elements in pegmatites ..... Pag. 111